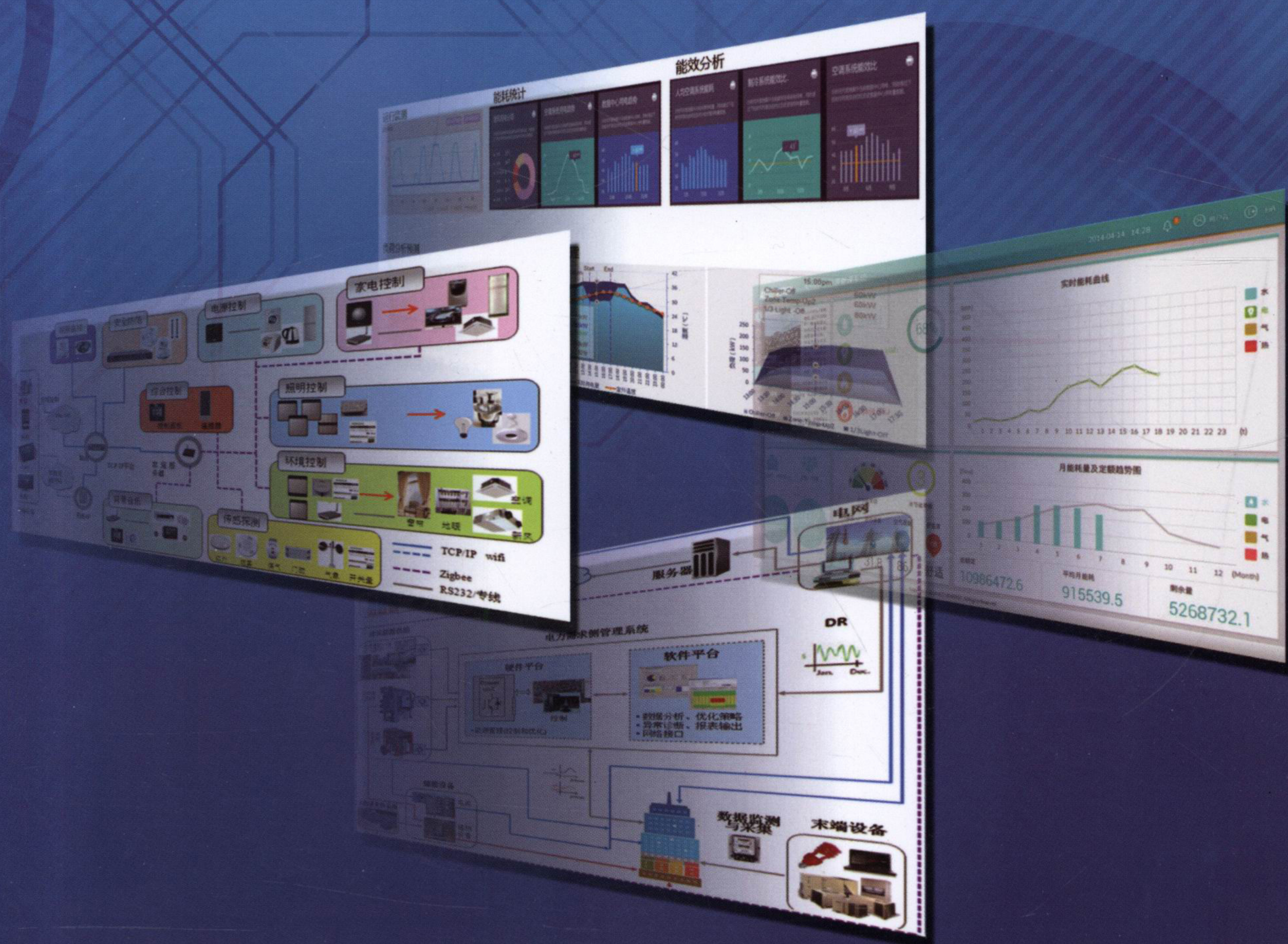
2014版

智能电网用户端系统解决方案汇编



中国电器工业协会设备网现场总线分会
国家能源智能电网用户端电气设备研发（实验）中心　编
上海新能源科技成果转化与产业促进中心

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM



中电技术

Ceiec Electric Technology

高采样速率，引领数字化变电站电能质量监测与管理新技术



PMC-680D
智能电网数字式电能质量在线监测装置

- 多达16回路监测
- 512点/周波高速采样
- 40μs电压瞬变捕捉
- 0.5S级电能计量
- 16G超大容量数据存储和记录

PMC-1380D
电能质量合并单元

- 全新硬件平台和算法，521点高采样速率、谐波范围宽
- 12个通道数据同时采样
- 同时支持传统和电子式互感器输入
- 2路光以太网输出，全面支持IEC 61850



诚招 电网电能质量合作伙伴

联系电话：0755-83410291 83304160

PQsys数字化变电站电能质量监测与管理系统解决方案

- 全面覆盖过程层、间隔层、变电站层
- 高采样速率
- 全数字化变电站电能质量监测
- 全面支持IEC 61850
- 完整的数字化变电站电能质量监测与管理系统解决方案

总机：0755-83423089 商务咨询(售前)：0755-83412950 83304153

售后服务热线：400-8860-418

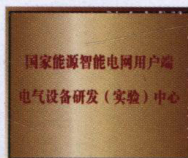
深圳市中电电力技术股份有限公司

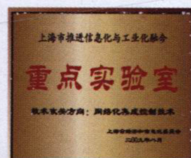
SEARI 上電科

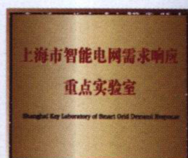
专注于智能电网用户端的电科网控

简介

上海电器科学研究所（集团）有限公司网络化集控事业部（简称电科网控），专注于智能电网用户端技术的研究以及核心产品和解决方案的研发，先后承担国家能源智能电网用户端电气设备研发（实验）中心、上海市需求响应重点实验室、上海市两化融合重点实验室的建设，聚焦智能电网用户端主干业务，统筹协调发展智能能源管理、智能照明、智能家居、网络化控制等技术与产品，实现科研创新与产业化并重的双线发展。







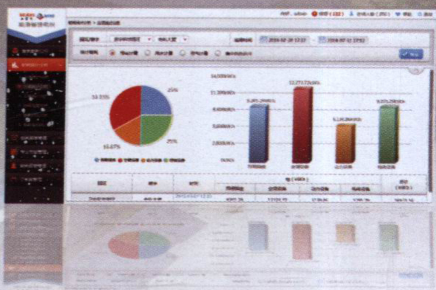
重点课题

- 智能电网用户端需求响应系统与设备研制及应用示范
- 微电网研发实验能力建设项目
- 多类型用户综合园区智能能源网关键技术研究与应用示范
- 城市轨道交通电力系统测量及传输技术研究



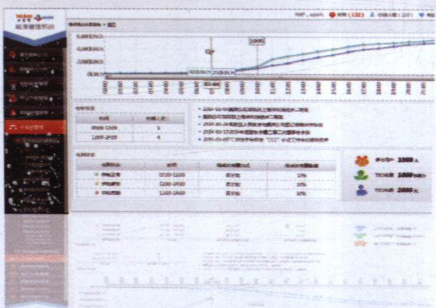
解决方案

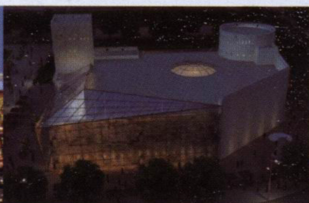
- 基于互动需求响应的能源管理自动化系统
- 基于电力线载波技术的智能照明系统
- 基于时间同步的电量数据采集系统
- 基于无线技术的赛睿智能家居系统



工程案例

- 上海浦东机场T2、虹桥机场T2航站楼电能管理系统
- 世博城市实践区电力需求侧管理系统
- 迪士尼水厂自动化监控与能源管理系统
- 上海市静安区宏安瑞士大酒店能耗监测管理系统





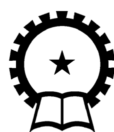
技术支持热线：400-118-0399

上海电器科学研究所（集团）有限公司
地址：上海市武宁路505号 邮编：200063
电话：021-62574990-825/876 传真：021-62167669
网址：www.seari-snc.com.cn

2014 版

智能电网用户端系统解决方案汇编

中 国 电 器 工 业 协 会 设 备 网 现 场 总 线 分 会
国家能源智能电网用户端电气设备研发（实验）中心　编
上 海 新 能 源 科 技 成 果 转 化 与 产 业 促 进 中 心



机 械 工 业 出 版 社

智能电网包括发电、输电、变电、配电和用电等环节。智能电网用户端从用电者的角度来考虑和研究如何顺应智能电网发展趋势，通过技术、管理、政策等手段，实现智能、便捷、节能、安全、舒适、环保等理念。

《2014 版智能电网用户端系统解决方案汇编》汇集了 58 个厂商的 70 个解决方案，涉及内容包括智能配电系统、智能表计系统、设备监控系统、电力信息采集系统、智能照明系统、智能家居系统、储能系统、分布式可再生能源系统、电动汽车充电系统、电力综合监控系统、能源管理系统、需求侧管理与需求响应、微电网系统、通信系统、电能质量等，基本反映了智能电网用户端技术范畴、现状以及未来发展态势。

本书可作为智能电网、能源管理、分布式可再生能源接入、电动汽车充电等领域的科研人员、产品设计和应用工程师的技术参考资料，也适用于智能系统集成商、建筑设计院所以及房地产开发商进行节能和低碳系统选型决策参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

2014 版智能电网用户端系统解决方案汇编/中国电器工业协会设备网现场总线分会，国家能源智能电网用户端电气设备研发（实验）中心，上海新能源科技成果转化与产业促进中心编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2014. 10

ISBN 978 -7 -111 -48022 -8

Ⅰ. ①2… Ⅱ. ①中…②国…③上… Ⅲ. ①智能控制 - 电力系统 - 电气设备 - 方案 - 汇编 - 中国 Ⅳ. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 216556 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：付承桂 责任编辑：付承桂 张沪光
版式设计：霍永明 责任校对：张莉娟 任秀丽
封面设计：路恩中 责任印制：刘 岚
北京京丰印刷厂印刷
2014 年 10 月第 2 版 · 第 1 次印刷
184mm × 260mm · 24. 25 印张 · 1 插页 · 608 千字
0 001—5 000 册
标准书号：ISBN 978 -7 -111 -48022 -8
定价：69. 00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http：//www. cmpedu. com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http：//www. cmpbook. com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http：//weibo. com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前　　言

电力公司将电力送达到电力用户，以计量电能表作为与用户的交界面，通常电能表以上的资产归电力公司所有，电能表以下的属于用户资产。从电网角度看，电能表以上是供电侧，电能表以下是用电侧或需求侧。用户端系从用户角度来理解和研究用电侧或需求侧电能的来源、控制、管理和使用。随着分布式电源和分布式电力储能在用户端的推广使用，供电侧和需求侧电流之间可能双向流动，用户端在一定条件下可能由用电侧转变为供电侧。需求侧管理通常理解为电网对用户用电需求和用电行为的管理，而用户端管理则可理解为电力用户对自身用电需求和用电行为的管理外，还包括对用电设备、分布式电源、储能设备以及用电能效的管理。

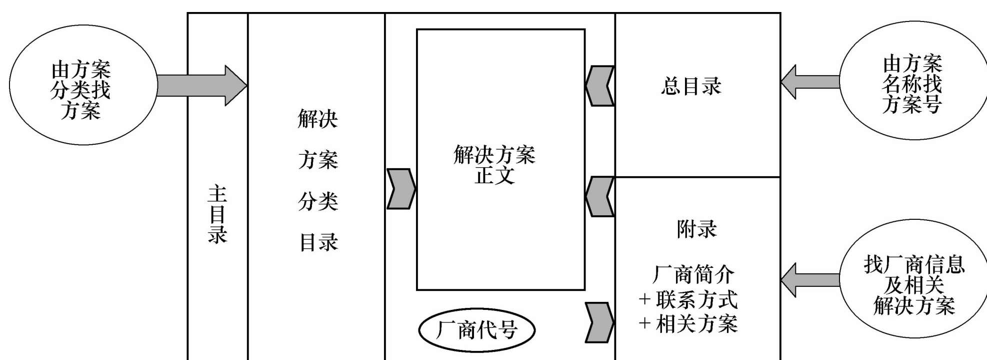
智能电网技术蓬勃发展，智能电网用户端技术则相应地更加千变万化。本书共汇集了70个用户端系统解决方案，基本可以反映智能电网用户端技术范畴、现状以及未来发展态势。鉴于智能电网整体发展处于研究和示范实践阶段，由大量新技术和新产品构成的解决方案正在或有待实验验证和实际应用的检验，甚至有些解决方案尚处于概念阶段或设想阶段。之所以纳入本书，是因为其构思具有较好的创意，有助于激发进一步的创新，有助于设备厂商、设计院所、系统集成商、电力用户之间相互交流和相互借鉴。

本书主要分为以下三个部分，下图提供查阅本书的方法供参考。

第1部分：综述。简明扼要描述智能电网用户端技术发展情况和主要技术关注点。

第2部分：解决方案正文。对每个解决方案进行比较详细的描述，反映方案原理、系统组成、主要产品、通信架构、应用案例等产品名称、简介、外观图、适用网络以及供应商等信息。由解决方案应用范围排列，提供方案编号检索入口。

第3部分：厂商简介。通过厂商名称找到该企业简要介绍、联系方式等厂商名录及销售网点，并提供厂商介绍、解决方案供应商的联系方式、网站地址等信息。



本书由蔡忠勇负责组织编写。在征集方案过程中，得到了深圳中电电力、派诺、ABB、GE、西门子、申瑞继保等厂商的全力支持，史书超、房川军、汤晓栋、张伟、杨心丽、王璐月等同仁做了大量的资料收集和整理工作，在此一并表示由衷的感谢。

目　　录

前言
第 1 部分　智能电网用户端综述 …… 1
1. 1　用户端能源管理系统示意图 …… 1
1. 2　用户端通信系统抽象模型 …… 2
1. 3　用户端系统组成 …… 2
1. 4　各类通信网络 …… 3
1. 5　用户端能源管理技术需求分析 …… 3
第 2 部分　智能电网用户端系统解决方案 …… 6
2. 1　智能配电系统 …… 6
FA01　AEG 智能建筑配电系统 …… 6
FA02　智能配电与能源管理系统 …… 11
FA03　无人值守配电室解决方案 …… 16
FA04　智能低压电器系统方案 …… 24
FA05　智能低压配电管理监控系统 …… 31
2. 2　智能表计系统 …… 35
FA06　适用于轨道交通能源管理的西门子 PAC 系列电能表及系统 …… 35
FA07　公租房租赁小区集中抄表管理系统 …… 41
FA08　基于 Kinetis 微控制器的三相电能表设计方案 …… 45
2. 3　设备监控系统 …… 50
FA09　基于 NI CompactRIO 的电力设备在线状态监测与故障诊断方案 …… 50
FA10　扬水泵站综合自动化系统 …… 56
FA11　煤矿智能供电监控系统及装置 …… 67
FA12　Rynon P100 系列消防设备电源监控系统 …… 72
FA13　智能电网视频监控系统 …… 76
2. 4　电力信息采集系统 …… 79
FA14　基于物联网技术的无线建筑能耗监测系统 …… 79
FA15　基于分布式架构的电力信息采集系统 …… 81
FA16　基于物联网的用电信息采集与控制解决方案 …… 84
2. 5　智能照明系统 …… 86
FA17　基于 ICL8002G 的 LED 晶闸管调光电源方案 …… 86
FA18　LED 照明直流供电一体化解决方案 …… 92
FA19　电力线载波智能照明系统 …… 95
2. 6　智能家居系统 …… 98
FA20　鸿雁思远智能家居系统及解决方案 …… 98
FA21　ABB 智能建筑控制系统 …… 103

2.7 储能系统 …… 110
FA22 基于磷酸铁锂储能的轨道交通 UPS 成套解决方案 …… 110
FA23 电池储能系统 …… 117
FA24 电网调频用 LpTO 电池储能系统 …… 125
2.8 分布式可再生能源系统 …… 128
FA25 分布式电网中变流器谐振谐波抑制方案 …… 128
FA26 分布式能源的云智能管理解决方案 …… 135
FA27 清洁、高效、环保的分布式能源站解决方案 …… 138
FA28 菲尼克斯电气在光伏发电领域的解决方案——光伏汇流箱及其附件 …… 141
FA29 光伏阵列工作电流监测应用方案 …… 146
FA30 太阳能发电项目电力综合视频监控系统 …… 152
FA31 光伏电站智能化信息管理系统 …… 155
FA32 微型逆变器在智能电网中的应用 …… 162
FA33 低压元件在光伏发电系统中的应用 …… 169
FA34 通信基站直流嵌入式光伏供电系统 …… 173
FA35 基于组串逆变器的智能大型光伏电站解决方案 …… 175
FA36 用于风力发电的 TwinCAT3 状态监测系统 …… 179
FA37 风光柴储微电网解决方案 …… 183
FA38 GE 分布式能源解决方案 …… 187
2.9 电动汽车充电系统 …… 196
FA39 电动汽车智能充换电服务运营管理系统 …… 196
FA40 智能电动车充电解决方案 …… 203
FA41 ABB 一体化电动汽车充电解决方案 …… 206
2.10 能源管理系统 …… 211
FA42 大型酒店能效管理方案 …… 211
FA43 数字化营房智能管理系统 …… 217
FA44 医院电能管理系统方案 …… 221
FA45 高校能耗监管信息化系统 …… 225
FA46 基于连锁经营模式的能源管理系统 …… 233
2.11 需求侧管理与需求响应 …… 239
FA47 电力需求侧管理系统 …… 239
FA48 智能建筑用户端需求响应控制系统 …… 242
2.12 微电网系统 …… 245
FA49 分布式能源的离网与并网系统 …… 245
FA50 基于数据中心的通信设施直流微网系统 …… 252
FA51 风光智能发电离并网系统 …… 256
FA52 微网控制保护与能量管理系统 …… 259
FA53 集成 4G 工业无线技术的高可用性配网通信整体解决方案 …… 263
2.13 通信系统 …… 270
FA54 用户端通信有源电力滤波器系统 …… 270

FA55　基于物联网技术的用电采集通信解决方案 …………………………………… 273
FA56　智能电网超低损耗光纤通信方案 ……………………………………………… 277
2.14　电能质量………………………………………………………………………… 281
FA57　无功补偿和谐波抑制的综合解决方案 ………………………………………… 281
FA58　动态混合无功补偿系统解决 …………………………………………………… 283
FA59　0.4kV 配电动态无功补偿解决方案 …………………………………………… 286
FA60　低压电网谐波治理解决方案 …………………………………………………… 289
FA61　智能箱变/公用配变无功补偿和电力滤波综合方案 …………………………… 295
FA62　低压无功补偿解决方案 ………………………………………………………… 299
FA63　高采样率数字化变电站电能质量监测系统 …………………………………… 306
FA64　有源电力滤波器在城市轨道交通中的应用 …………………………………… 312
FA65　低压全电能管理解决方案 ……………………………………………………… 316
FA66　优质电力园区高可靠性、高电能质量电力供应解决方案 …………………… 322
2.15　其他系统………………………………………………………………………… 327
FA67　基于分布式消火栓系统的解决方案 …………………………………………… 327
FA68　系统接地保护智能在线监测解决方案 ………………………………………… 332
FA69　无线远程费控方案 ……………………………………………………………… 337
FA70　基于 netPLC 模块的防闪络后备电源系统 …………………………………… 345
第3部分　厂商简介……………………………………………………………………… 349
CS01　ABB（中国）有限公司 ………………………………………………………… 349
CS02　AEG 配电与控制 ………………………………………………………………… 350
CS03　GE 中国研究开发中心 …………………………………………………………… 350
CS04　安徽华祝电气技术有限公司 …………………………………………………… 351
CS05　北京爱博精电科技有限公司 …………………………………………………… 351
CS06　北京和利时自动化驱动技术有限公司 ………………………………………… 352
CS07　北京明日电力电子有限公司 …………………………………………………… 352
CS08　北京木联能软件技术有限公司 ………………………………………………… 353
CS09　北京欧罗特高科电力设备有限公司 …………………………………………… 354
CS10　博耳电力控股有限公司 ………………………………………………………… 354
CS11　德国倍福自动化有限公司 ……………………………………………………… 355
CS12　德国赫优讯自动化系统有限公司上海分公司 ………………………………… 355
CS13　德力西电气有限公司 …………………………………………………………… 355
CS14　东软集团股份有限公司 ………………………………………………………… 356
CS15　飞思卡尔半导体（中国）有限公司 …………………………………………… 356
CS16　菲尼克斯（中国）投资有限公司 ……………………………………………… 357
CS17　杭州高特电子设备有限公司 …………………………………………………… 357
CS18　杭州鸿雁电力电气有限公司 …………………………………………………… 358
CS19　杭州鸿雁智能科技有限公司 …………………………………………………… 358
CS20　合肥海润电力科技有限公司 …………………………………………………… 359
CS21　河南森源电气股份有限公司 …………………………………………………… 359

CS22 江苏方程电力科技有限公司 …… 360
CS23 江苏苏源高科技有限公司 …… 361
CS24 康宁（上海）光纤有限公司 …… 361
CS25 美国国家仪器有限公司 …… 361
CS26 南京软核科技有限公司 …… 362
CS27 南京亚派科技实业有限公司 …… 362
CS28 上海大华电器设备有限公司 …… 363
CS29 上海电气集团股份有限公司 …… 364
CS30 上海电器科学研究所（集团）有限公司 …… 364
CS31 上海航天电源技术有限责任公司 …… 365
CS32 上海航天能源股份有限公司 …… 365
CS33 上海金陵智能电表有限公司 …… 366
CS34 上海良信电器股份有限公司 …… 366
CS35 上海冉能自动化科技有限公司 …… 367
CS36 上海申瑞继保电气有限公司 …… 367
CS37 上海通信技术中心 …… 368
CS38 上海臻和防雷电气技术有限责任公司 …… 369
CS39 上海中达能源科技有限公司 …… 369
CS40 上海追日电气有限公司 …… 370
CS41 深圳浩宁达仪表股份有限公司 …… 370
CS42 深圳市禾望电气有限公司 …… 371
CS43 深圳市中电电力技术股份有限公司 …… 371
CS44 深圳微网能源管理系统实验室有限公司 …… 372
CS45 深圳中电长城能源有限公司 …… 372
CS46 思科系统（中国）网络技术有限公司 …… 373
CS47 微宏动力系统（湖州）有限公司 …… 374
CS48 西门子（中国）有限公司 …… 374
CS49 西门子（中国）有限公司 低压产品事业部 …… 375
CS50 厦门亿力吉奥信息科技有限公司 …… 375
CS51 英飞凌科技（中国）有限公司 …… 376
CS52 昱能光伏科技集成有限公司 …… 377
CS53 浙江正泰仪器仪表有限责任公司 …… 377
CS54 中创立方能源技术（北京）有限公司 …… 378
CS55 中达电通股份有限公司 …… 378
CS56 中科恒源科技股份有限公司 …… 379
CS57 珠海大唐电子有限公司 …… 379
CS58 珠海派诺科技股份有限公司 …… 380

第 1 部分　智能电网用户端综述

节能减排、能效提高、经济高效、分布式可再生能源、能源管理、能耗监测、有序用电、需求侧管理、需求响应，这些关键词已经耳熟能详，并且在政府政策强力推动下正不断落实推广，系统供应商也借此推出了一系列系统解决方案，包括智能配电系统、智能表计系统、设备监控系统、电力信息采集系统、智能照明系统、智能家居系统、储能系统、分布式可再生能源系统、电动汽车充电系统、电力综合监控系统、能源管理系统、需求侧管理与需求响应、微电网系统等各种智能电网系统，都是为了推进节能减排和能效管理。

然而，随着这些新产品和新系统在用户端的广泛应用，它们之间如何集成和管理，众多的通信网络和通信协议如何协调，大量的数据如何交互和传递，以及用户端能源管理指标和手段中哪些应优先考虑，这些问题我们将不得不面对，必须拿出具体的切实可行的解决方案予以应对。

梳理和定位各种系统解决方案在用户端整体能源管理中的作用和位置，归纳其功能，建立抽象模型，是分析问题和解决问题的有效方法。

1.1　用户端能源管理系统示意图

图 1 所示为智能电网用户端子系统功能示意图，它通过外部广域网与外部平台连接。内

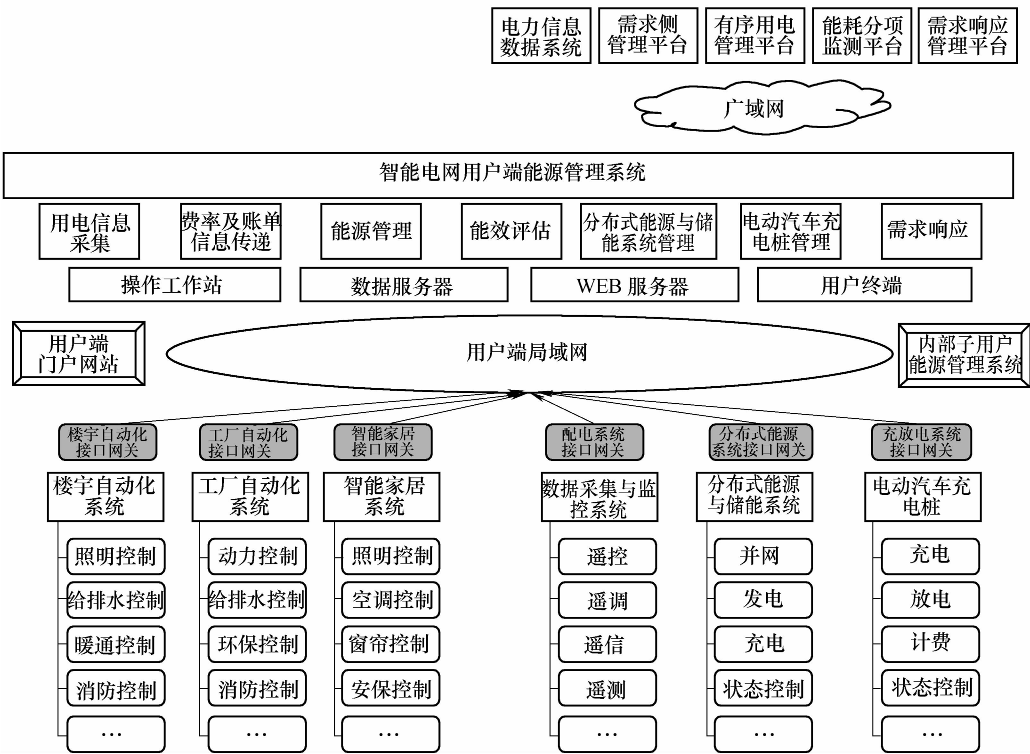


图 1　智能电网用户端总体结构图

部有用户端主站系统、用户端局域网、用户端子系统以及用户端门户网站组成。大型用户端能源管理系统可能还有独立的子用户能源管理系统。

1.2 用户端通信系统抽象模型

对用户端能源总体结构（见图1）抽象化处理后，得到用户端通信系统抽象模型（见图2）。用户端系统抽象为用户端能源管理系统、用户端子系统、用户端子用户和外部第三方平台等四大功能块。其中用户端管理系统包括用户端主站系统和物业管理部门，用户端子系统包括子系统和子系统接口网关。抽象模型将用户端通信网络分成A、B、C、D、E五类，每一类通信网络有各自的特点。

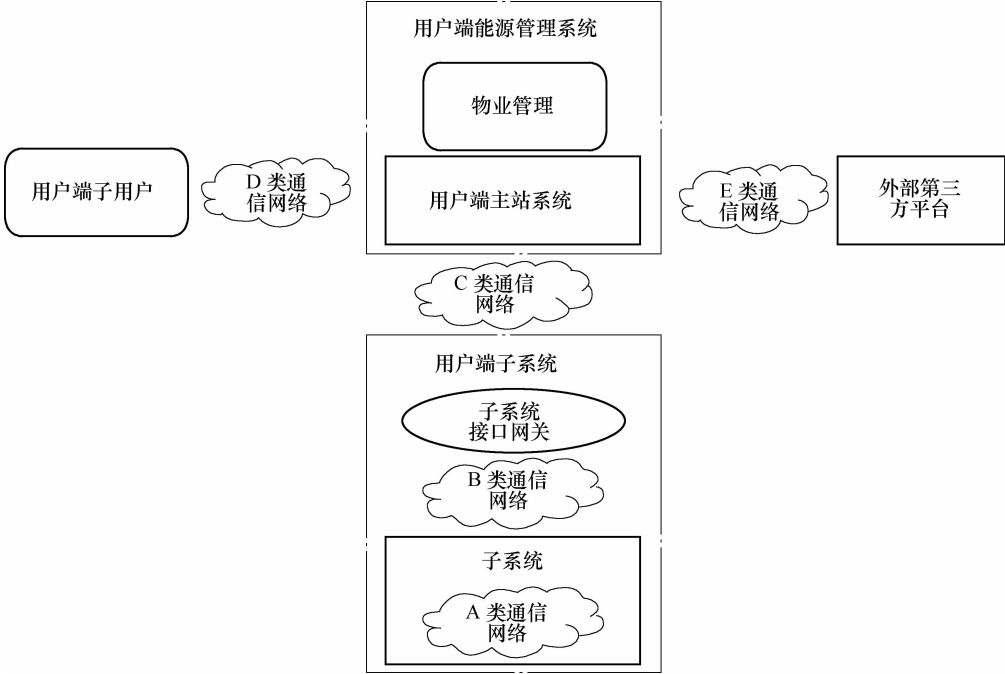


图2　智能电网用户端通信系统抽象模型

1.3 用户端系统组成

1. 用户端能源管理系统

用户端能源管理系统包括用户端主站系统以及参与用户端管理的部门或人。用户端管理系统管理用户端及子用户的用电计划、设备控制策略、越限预警、电费核算等任务。

（1）用户端主站系统

用户端主站系统是一个包括软件、硬件的计算机网络系统。它是整个用户端系统的管理中心，管理着整个用户端能源管理系统的数据传输、数据处理、数据应用以及系统的运行和安全，并统一管理与其他系统的数据传递和交换。

（2）物业管理

物业管理承担电力用户与电力公司的业务流接口，规划整个用户端的用电计划，申报和设定最大需量；承担用户端公共设备的运行决策和资产管理；承担子用户的用电注册、用电计划登记合并、用电越限预警通知、电费核算方法制订、多费率电价传递以及子用户用电电

费核算与收缴；承担用户端参与需求侧管理的决策与管理。

2. 用户端子系统

用户端子系统包括用户端内部的建筑设备控制系统、生产自动化系统、电力监控系统、分布式能源系统、智能家居系统等。

用户端子系统包括子系统和子系统接口网关。

（1）子系统

子系统通常自成体系，具有独立的数据采集、控制、报表、对外接口等功能。

（2）子系统接口网关

子系统内部有自己的通信网络，运行着各种各样的通信协议。子系统接口网关一般至少具备以下功能：

1）数据转换：将子系统数据名称和数据格式转换成用户端系统统一名称和格式。

2）数据处理：对采集数据进行分类存储，如日冻结数据、抄表日冻结数据、曲线数据、历史月数据等。

3）数据储存：将处理过的各种子系统数据加入时标后进行分类存储，包括电能量数据、实时监测数据、模拟量数据（温度、湿度、水流速度等）。

3. 用户端子用户

用户端子用户是指用户端内部由物业管理部门对其电费独立核算的基本单位。在商业楼宇中，租户通常是子用户。在工业企业中，电费成本独立核算的车间、班组等都可以是子用户。

4. 外部第三方平台

外部第三方平台主要指需求侧管理平台、需求响应管理平台、电力能耗监测平台等社会服务平台。

1.4 各类通信网络

1）A 类通信网络是指用户端子系统内部通信网络，通常由子系统自带，其通信协议、通信媒介、报文格式等由子系统自定，一般符合国际国内相关协议。建筑设备控制系统、智能家居系统、生产自动化系统、电力监控系统、分布式能源与储能系统、电动汽车充放电管理系统等一般属于 A 类通信网络。

2）B 类通信网络是指子系统与子系统接口网关之间的通信链路，优先推荐采用以太网通信链路，同时支持 RS232/485 串行链路。其通信协议通常为子系统对外输出端口的通信协议，使用各子系统经常使用的国标或行标通信协议。对于楼宇子系统，常见协议有 BACNET、OPC、Modbus、Modbus/TCP 等。

3）C 类通信网络是指子系统接口网关与用户端主站之间的通信网络，是用户端内部局域网，应用比较多的通信协议采用基于 TCP/IP 协议的 Socket 和 Web Service 的数据接口。

4）D 类通信网络是子用户与用户端主站之间的通信网络，通常基于局域网。

5）E 类通信网络是指用户端主站与外部第三方平台之间的通信网络，通常采用公共互联网，其通信协议采用基于 TCP/IP 协议的 Socket 和 Web Service 的数据接口。

1.5 用户端能源管理技术需求分析

智能电网发展正迅速扩展至用户端，用户端能源管理的智能化发展需要与电网实现互动，两者的结合就是智能电网用户端能源管理系统。用户端能源管理系统应满足用户端内部

管理、内部子系统数据交互、分布式能源和电动汽车充电桩接入、与外部需求侧管理平台衔接等几个方面需求。

1. 用户端内部管理

（1）电价费率传递

目前在很多大中型城市已经推行两部制电价、分时电价、阶梯电价等激励政策，以促进均衡用电、节约用电。但电力公司的多费率电价政策只能到一个楼宇或一个工业园区，楼宇或园区内部子用户的电价基本都是折算后平摊，子用户电费一个价格，无论是白天或黑夜，无论是冬夏季还是春秋季。这样真正的用户没有感受到不同时段的电价对用电成本的影响。

需要考虑将多费率电价政策传递到子用户，使子用户能够直接感受到电价变化对生产成本的影响，子用户根据实际成本核算决定是否改变用电行为，从而将电力公司多费率电价政策得到有效贯彻实施，缩小电网负荷峰谷差。

（2）子用户用电越限预警

由于目前在工商业用户内部子用户的电费核算方法大都采用单位电量电价平均分摊的方法，往往一些越限罚款如超需量、超功率因数罚款也都折算到单位电价分摊到每个子用户，而实际越限应该真正该罚款的子用户没有感受到，可能继续不规范的用电行为。

需要考虑对子用户的用电负荷可实时监测，发现越限或即将越限时向相关子用户发出预警。如果子用户为采取措施消除越限用电，相应罚款应用应由该子用户承担。

（3）最大需量控制

用户端物业管理每个月可向电力公司申报下月度的最大用电需量 MD。需要考虑用户端物业管理受理和汇总子用户用电需量，并监测子用户实际负荷与所申报用电需量的差值，当差值达到某个数值时向子用户发出预警通知，甚至可以在预先双方协议的情况下帮助子用户切除某些非重要负荷。

用户端能源管理系统监测用户端总负荷相对总最大需量的差值，当差值达到某个数值时可切除部分非重要的中央负荷。

2. 用户端内部子系统电能数据交互

用户端内部有很多子系统，包括建筑设备控制系统、工厂自动化系统、智能配电系统等，这些子系统自成体系，相对比较封闭，子系统之间网络结构和数据结构都是异构化的，各不相同。有的系统内部安装了不少电能计量监测装置。需要考虑采用子系统接口网关直接向子系统采集数据，再由子系统接口网关将数据进行同构化转换，通过 Web Service 与用户端主站系统实现数据交互。

3. 分布式能源和电动汽车充电桩接入

分布式能源和电动汽车充电桩进入用户端是必然趋势。需要考虑这些设备如何与用户端能源管理系统进行数据交互，以实现相关能源的供电电力和用电负荷、供电电量和用电电量的实时监测、数据统计汇总等。

4. 与外部需求侧管理平台衔接

需求侧管理越来越受到重视，有序用电、能耗分类分项计量、需求侧管理平台建设和应用、需求响应管理平台研究等，都涉及到采集用户的用电数据。需要考虑将各方需要的数据全部采集并存放在用户端能源管理系统。外部平台需要什么数据就提供什么数据。

总之，用户端能源管理系统应在首先满足用户端能源管理需求，满足用户端未来分布式

能源和电动汽车充放电管理需求的基础上，兼顾外部需求侧管理平台需求，避免大量重复安装电能计量传感装置，提高系统运行可靠性。

针对以上分析的需求，全国电器设备网络通信接口标准化技术委员会制订了用户端能源管理标准体系（见图3），计划逐步落实相关标准的制定，希望通过标准化推进不同厂商的设备与设备、设备与系统、系统与系统之间的互连、互通、互操作。

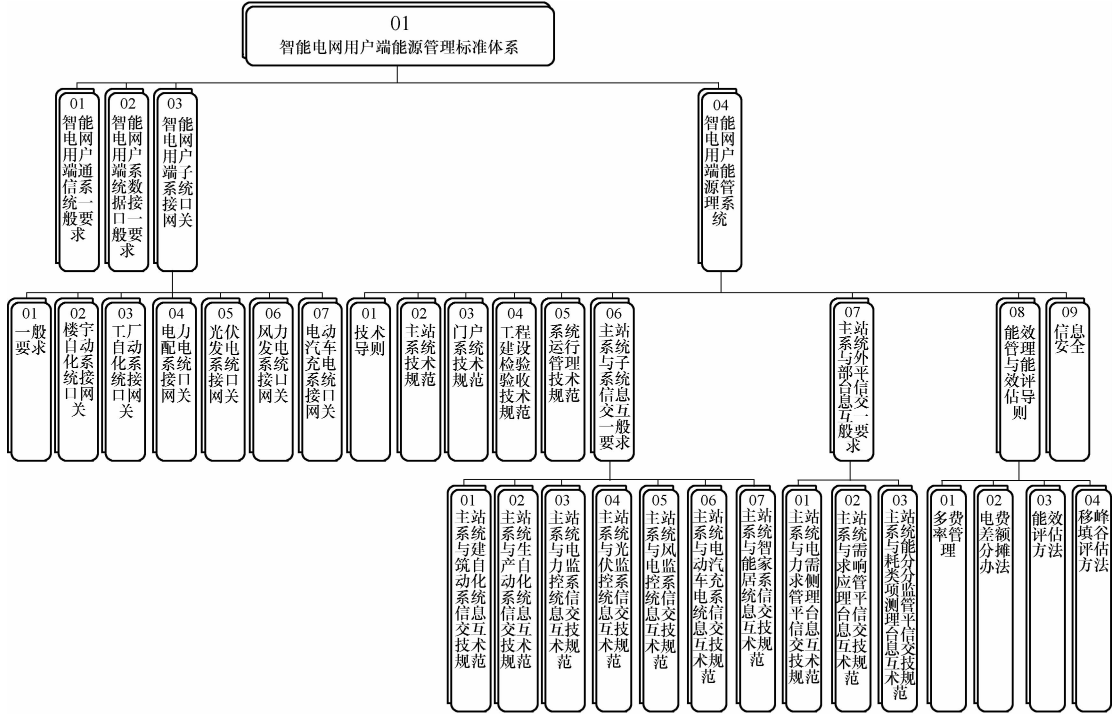


图3　智能电网用户端能源管理标准体系框图

第 2 部分　智能电网用户端系统解决方案

2.1　智能配电系统

FA01　AEG 智能建筑配电系统

（CS02 AEG 配电与控制）

1. 概述

智能电网包括：

1）优先使用清洁能源的智能调度系统；

2）动态定价的智能计量系统；

3）通过调整发电、用电设备功率优化负荷平衡的智能技术系统；

4）电能不仅从集中式发电厂流向输电网、配电网直至用户，同时电网中还遍布各种形式的新能源和清洁能源（如太阳能、风能、潮汐能等）；

5）高速、双向的通信系统实现了控制中心与电网设备之间的信息交互，高级的分析工具和决策体系保证了智能电网安全、稳定和优化运行。

2. 智能电网用户端配电站方案目标

智能电网的目标是实现电网可靠、经济、高效、环境友好和安全的运行。如果电网用户端能够实现这些目标，那么就可以称其为智能电网用户端。

智能电网用户端除了能为用户提供可靠的电力供应外，它还能对电网可能出现的问题提出及时的告警，并能忍受大多数的电网扰动而不会断电。智能电网可在用户受到断电影响之前就能采取有效的校正措施，以使电网用户免受供电中断的影响。

此外，智能电网必须能最大限度地减少用户侧对电网系统的运行质量和安全的影响，并能进一步扩大可再生能源的接入。

3. 智能电网用户端方案内容

（1）智能配电站示意图（见图 1）

（2）简介

配电站电气运行方式是多段母线带联络分段断路器方式，通过备自投逻辑控制，便于各种供电能源（电网电能、光伏发电、风力发电等）的切换，是从经济性、可靠性方面的最佳选择。出线回路采用源自不同母线的双回路供电方式，保证不断电和供电能源优化。

站内所有保护微机采用有 100 多年历史的德国 AEG 公司生产的 2AE、3AE 系列保护微机。它集测控、保护于一身，可编程序保护逻辑，保护功能方式灵活，适应复杂要求的场合，且安全性、适用性、经济性较高。

配电站内所有保护设备、智能表计设备通过通信电缆与用户站的自动化监控系统相连，实现自动化测控一体化、智能计量、能源优化等。

（3）进出线及馈线负载的保护和控制功能

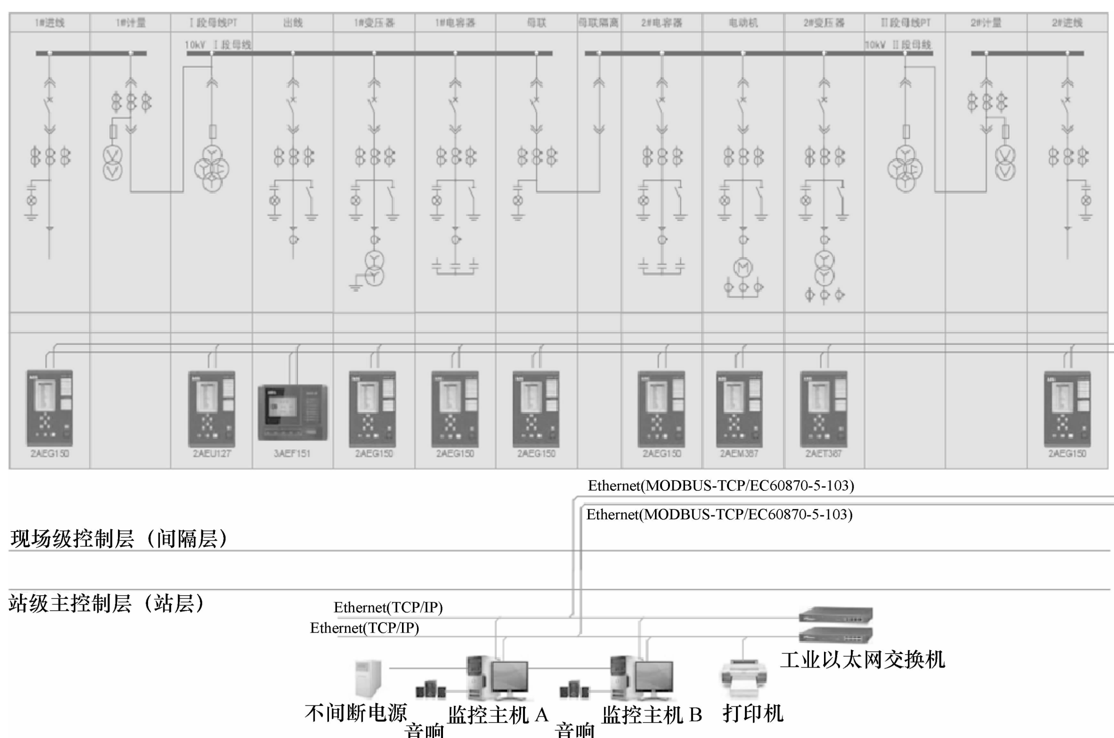


图 1　智能配电站示意图

为提高供电的可靠性，采取两路进线方式，实现双电源供电。两路进线采用 Galaxy VL 2000A 以上户内真空断路器（见图 2）进行线路整体负载的控制和保护。Galaxy VL 系列中压真空断路器是 AEG 公司可靠的真空灭弧室研发和制造技术，以及先进的操动机构研发、设计和生产技术的完美结合，可以可靠地进行短路电流、过载电流的切断和重合闸。馈线端变压器、电动机、母线以及出线则可根据容量大小选择合适电流的 Galaxy VL 系列户内真空断路器进行控制和保护。电容器可选用 VL 系列，具备投切电容、保护和控制功能。所有 Galaxy VL 系列断路器与 2AE 和 3AE 系列综合保护设备配合使用，能显著提高线路供电的可靠性，对用户设备进行更有效的保护。



图 2　Galaxy VL 系列户内真空断路器

（4）进线与母联智能保护设备功能

进线与母联采用 2AE 系列的 2AEG150 综合测控微机保护设备（见图 3），保护设备联合实现进线备自投或母线备自投，即在一路进线或一段母线因故障失电或人为停运后，另一路进线或母线做为后备供电自动切换投入供电。可选功能有单向备自投、互为备自投、自投自复、自投不自复等功能。其功能满足电网供电进线之间投退切换、电网供电与太阳能、风力、潮汐发电供电等之间的投退切换。它还可忍受大多数的电网扰动而不会断电，在用户受到断电影响之前采取备自投功能，以使电网用户免受供电中断的影响，达到供电可靠的目的。用户可自主选择电网供电与太阳能、风力、潮



图 3　2AE 系列综合保护

汐发电供电等之间的投退切换，根据需求进行能源优化、经济用电。

（5）出线智能保护设备功能

出线采用3AE系列的馈线微机保护3AEF151（见图4），除满足出线的常用继电保护功能：三相三段式过电流（可选低压闭锁）、反时限过电流（可选低电压闭锁）、过负荷、二段式零序电流、反时限零序、失电压、过电压、三相重合闸功能及重合闸后加速等保护外，还增加了非电量保护功能，以适应用户站的某些复杂条件。在保护功能上可灵活适应出线线路接出复杂负载的情况。3AEF151是专门针对馈线而设计的保护设备，相对综合型的保护设备，它是经济性最佳选择。



图4　3AE系列综合保护

（6）变压器智能保护设备功能

大容量变压器采用2AE系列的2AET387大容量变压器综合测控微机保护，其主要保护功能有：差动速断、比率差动、三相三段式过电流（可选低压闭锁、方向闭锁）、反时限过电流（IEC标准特性：Extr/Very/Norm/Long）、后加速、过负荷、负序电流、二段式零序电流、单相接地选线（可选：五次谐波判据）、过电压、低电压、失电压、负序电压、零序电压、低周减载、低压解列、低压侧二段式零序电流、非电量保护等。其保护逻辑可编程序，可灵活适应智能用户站的某些复杂条件。

小容量变压器（如站用变）采用2AE系列的2AEG150综合测控微机保护，主要保护功能见下面第（7）条。其保护逻辑可编程序，可灵活适应智能用户站的某些复杂条件。

（7）电容器智能保护设备功能

电容器采用2AE系列的2AEG150综合测控微机保护，主要保护功能有：三相三段式过电流（可选低压闭锁、方向闭锁）、反时限过电流（IEC标准特性：Extr/Very/Norm/Long）、后加速、过负荷、负序电流、二段式零序电流、过电压、低电压、失电压、负序电压、零序电压、不平衡电流、不平衡电压、非电量保护等。其保护逻辑可编程序，可灵活适应智能用户站的某些复杂条件。

（8）电压互感器智能保护设备功能

电压互感器采用2AE系列的2AEU127电压互感器测控保护微机，主要保护功能有：过电压、低电压、负序电压、零序电压等。其保护逻辑可编程序，可灵活适应智能用户站的某些复杂条件。此外，它还带有控制电压并列输出功能，可在自动化控制中实现远方遥控，从而减少智能用户站的一些附加设备和回路设计，达到精简节约的目的。

（9）大功率高压电动机智能保护设备功能

高压电动机采用2AE系列的2AEM387大功率电动机综合测控微机保护，主要保护功能有：差动速断、比率差动、三相三段式过电流（可选低压闭锁、方向闭锁）、反时限过电流（IEC标准特性：Extr/Very/Norm/Long）、后加速、过负荷、负序电流、二段式零序电流、单相接地选线（可选：五次谐波判据）、过电压、低电压、失电压、负序电压、零序电压、过热、逆功率、起动时间过长、非电量保护等。其保护逻辑可编程序，可灵活适应智能用户站的某些复杂条件。

（10）智能计量仪表

智能计量仪表采用AEG公司的多功能仪表MS10M（见图5）。其主要参数如下：

1）全面地电量测量：U/I/P/Q/S/F/PF/E/THD；

2）模块化设计，可扩展 4 路开关量输入、2 路开关量输出、2 路 RS485 通信、2 路模拟量输出；

3）电压电流测量准确度：0.2 级；

4）电源模块可靠性符合 LineagePower（原贝尔实验室）测试标准，无故障时间大于 20000h；

5）设备尺寸：96mm 方形；

6）宽范围的工作电源：DC100 ~ 250V 或 AC85 ~ 270V，50/60Hz。

该仪表集测控一体，自动化程度高，是智能配电站的最佳选择。



图 5　智能多功能仪表 MS10M

4. 智能配电站方案主要特征

（1）自愈

“自愈”指的是把电网中有问题的元件从系统中隔离出来并且在很少或不用人为干预的情况下使系统迅速恢复到正常运行状态，从而几乎不中断对用户的供电服务。该方案有如下自愈功能：

1）母线或进线备自投：如图 6 所示，在电网扰动情况下#1 电网进线失电后，由 2AE150 综合测控微机保护逻辑控制或远程遥控控制#2 电网进线或二段母线做为后备供电切换投入供电给一段母线，使得一段母线下的负载不受电网扰动而断电。

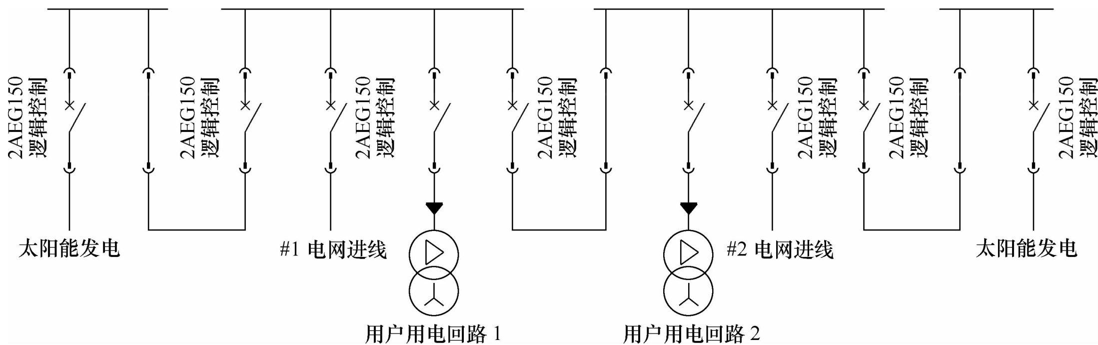


图 6　配电站一次接线示意图

2）用电用户采用双母线双回路互备环网供电：如图 6 所示，两段母线分别用独立出线回路供电给同一用户，双出线回路形成环网、互为备用，当用户用电回路 1 故障或失电后，可通过保护逻辑或远程遥控切换至用户用电回路 2 供电。

3）智能自动化后台系统实时监控：配电站中的保护微机和智能仪表接入自动化监控系统，自动化系统实时监控、实时分析确定配电站的健康水平，触发可能导致用电故障发展的早期预警，确定是否需要立即进行检查或采取相应的措施，监测各种扰动，进行补偿，重新分配潮流；与本站及远程电网设备的通信将帮助分析故障、电压降低、电能质量差、过负荷和其他不希望的系统状态，基于这些分析，采取适当的控制方案或治理措施。

（2）促进参与

在智能电网中，用户将是电力系统不可分割的一部分。用户可接入智能配电站自动化监

控系统，参与智能用户端的运行和管理，了解其电力消费的成本、实时电价、电网的状况、计划停电信息以及其他一些服务的信息。同时用户也可以根据这些信息制定自己的电力使用方案，如远程遥控切换方式优先选择低价的清洁能源、避开电能质量差的供电时段、修正其使用和购买电力的方式等。

（3）优化管理

站内所有保护设备、智能表计设备通过通信电缆与用户站的自动化监控系统相连，实现自动化测控一体化、智能计量、能源优化等。

自动化系统通过高速通信网络实现对运行设备的在线状态监测，以获取设备的运行状态，在最恰当的时间给出需要维修设备的信号，实现设备的状态检修，同时使设备运行在最佳状态；分析选择最佳的运行方式，平衡供电负荷、降低输电损耗，降低电网运行费用。

智能配电站自动化系统还可查看电能使用情况的实时和历史记录、各个设备的损耗、电能使用效率，为运行人员或设计人员降低损耗、减少无功电能提供数据。

此外，先进的信息技术将提供大量的数据和资料，并将集成到现有的企业范围的系统中。这些信息将为设计人员提供更好的工具，以创造出最佳的设计；为规划人员提供所需的数据，从而提高其电网规划的能力和水平。这样，运行和维护费用以及电网建设投资将得到更为有效的管理。

5. 关键技术

（1）通信

智能配电站中的保护微机、智能仪表、自动化后台采用开放性的通信标准，整个配电站网络是一个开放的通信架构，形成一个“即插即用”的环境，便于电网元件扩展、增减。采用统一的技术标准，它能使所有的智能电子设备以及应用系统之间实现无缝的通信，也就是信息在所有这些设备和系统之间能够得到完全的理解，实现设备和设备之间、设备和系统之间、系统和系统之间的互操作功能。实现其最重要的特征就是自愈。

（2）测量

智能综合保护、智能仪表有强大信息采集功能，无特殊要求不需要增加其他传感器或采集设备；并将其转换成数据信息，以通信方式供智能电网的各个方面使用，以便评估电网设备的健康状况和电网的完整性、进行表计的读取和防止窃电，以及与用户的沟通。

（3）控制

智能综合保护、智能仪表都具有本地逻辑自动控制和远程遥控控制，通过实时通信系统和高级分析技术的结合使执行问题检测和响应的自动控制行动成为可能。它还可以降低已经存在问题的扩展，防止紧急问题的发生，修改系统设置、状态和潮流以防止预测问题的发生。

6. 结束语

该智能配电站解决方案完全能实现收集数据、监测和保护电网元件、分析数据、诊断和解决问题、执行自动控制的行动、为运行人员提供信息和选择等功能，从而实现电网的可靠、经济、高效、环境友好和安全地运行。

（作者：AEG 配电与控制　任春华　聂少华）

FA02　智能配电与能源管理系统

（CS34　上海良信电器股份有限公司）

1. 概述

上海良信电器股份有限公司主要致力于低压配电产品的研发和生产，近年来投入力量对智能电网配电产品进行了研究与开发。经过数年技术积累，无论在元件产品的开发还是配电管理平台方面的开发都有了一定成果，并在新厂区的建设中，建立起了基于配电产品的能源管理系统，使新产品和新系统得到验证。

2. 系统方案

目前的能源管理系统着眼于电能的管理，暂未纳入水和气的管理。本公司的能源管理系统可理解为一个平台、两条线路和三个层次。一个平台是能源管理平台，两条线路是指供电线路有两条，三个层次分别为框架断路器层、塑壳断路器层、微型断路器层。从中压变换到400V 后，即进入框架断路器的范围。

构成能源管理系统的电气拓扑如图 1 所示。



图 1　电气拓扑图

3. 系统组成结构

（1）元件产品

带通信功能的框架断路器、带通信功能的塑壳断路器、带通信功能的自动转换开关，以及带自动重合闸功能的塑壳断路器均可通过外接控制端子，实现远程分合闸操作。框架断路器、塑壳断路器都采用高性能的 MCU 作为处理核心。采用按钮整定方式，除实现各种精确的选择性匹配过电流特性保护外，还具有数值显示、发光指示、故障记录、各种报警触头输出、实现接地保护、负荷监控保护等功能。自动转换开关具有自投自复、自投不自复等多种工作模式，以确保重要负荷（如消防负荷）工作的连续、安全、可靠，可广泛应用于医院、

商场、银行、化工、高层建筑、军事设施、消防设施等不允许断电的重要场所。

带通信功能的故障电弧断路器，可提高整个系统的可靠性。

（2）平台选择

在对国内外多个组态软件比较的基础上，选择了力控电力电气监控组态软件 pNetPower TM6.0 作为二次开发平台。该软件结合了通用组态软件和电力专业技术，是使用先进的计算机软件编程技术开发的专业电力系统自动化的组态软件，适用于变电站综合自动化、电厂电气监控（ECS）、企业供配电自动化、水电站综合自动化及楼宇配电自动化等后台监控系统。该软件也可以广泛应用于工业企业各电压等级的变配电室和市政建设、智能大厦、水利、环保、港口等领域的智能变配电系统，是工企业进行机电一体化的综合管理平台，并且可以和 GIS（地理信息系统）、MIS（电力企业管理信息系统）、CIS（用户信息系统）等进行完美的结合。

（3）协议选择

基于对于通信协议和通信速度的选择进行了综合比较，系统采用了流行的 MODBUS 的通信协议，波特率选择 9600bit/s 或 19600bit/s 中的一种进行数据传输，通信链路采用 RS485 方式，将多个设备通过 RS485 集线器连接在一起。

1）所有 RS485 回路通信遵循主/从方式，最多可连接 255 个设备；

2）主站将连接和控制所有在 RS485 通信链路上的设备；

3）任意一个从站都不会主动启动通信；

4）所有 RS485 链路上的通信都以包方式发送，每个包的字节构成标准异步串行数据，并按 8 位数据位，1 位停止位，无校验位的方式传递串行数据流；

5）任何情况从站只能响应主站一个请求。

（4）系统组件

系统包括工控机、触摸屏、交换机、串行接口服务器、I/O 端子模块、UPS、打印机以及 GSM 模块等。

4. 系统功能

（1）实时保护

系统内的所有配电产品以及终端类的产品，都在实时保护线路和设备。

（2）能源管理

能源管理或者称为能效管理，在发电到用电的各个环节都非常重视。近年来，在低压配电领域，越来越多的公司在一些相关项目中投入力量，积极发展能源管理，一方面提高用电效率，另一方面将分散的能源有效地管理起来，包括各种分布式的能源（如风能发电、太阳能发电、潮汐发电）。

对于区域用电，通过多功能表计，对各区域的用电情况进行统计。可按天、按周、按月、按季度形成报表，并可将形成的 Excel 电子文档发给事先约定的人员，报告用电情况。用电情况包括时段内的峰值电流和电压、次高电流和电压、峰值功率、次高功率，按早晚分列用电情况，以及按种类分列的用电情况。使得公司的相关决策部门对于内部各区域的用电情况有一个明晰地了解，可以辅助决策。尤其是各区域内的每度电的产能情况，可以做经营上的辅助判断。

对于经常过负荷运转的部门，给予及时地提醒，帮助确定是否需要降低能耗，或者相关部门进行扩容处理，防止用电情况的可能恶化。

（3）远程操作

相关人员无需到配电监控现场了解情况，即可实现远程操作。

（4）地理信息与报警

在平台中，对于每一个可反馈的节点，都分配了相对应的地理信息，当出现预警情况时，分析相同区域内其他回路是否存在同样的情况，并通过平台的软件确定相对准确的预警位置。在有故障跳闸出现时，可通过系统中的短信处理发送平台，向事先确定的维护人员和管理人员，发送带有明确地理位置的信息，方便定位故障点。

（5）报表与趋势曲线

在实际运行的过程中，将历史数据记录下来，既能反应实时的运行情况，也能反映过去的用电情况，趋势曲线图如图 2 所示。

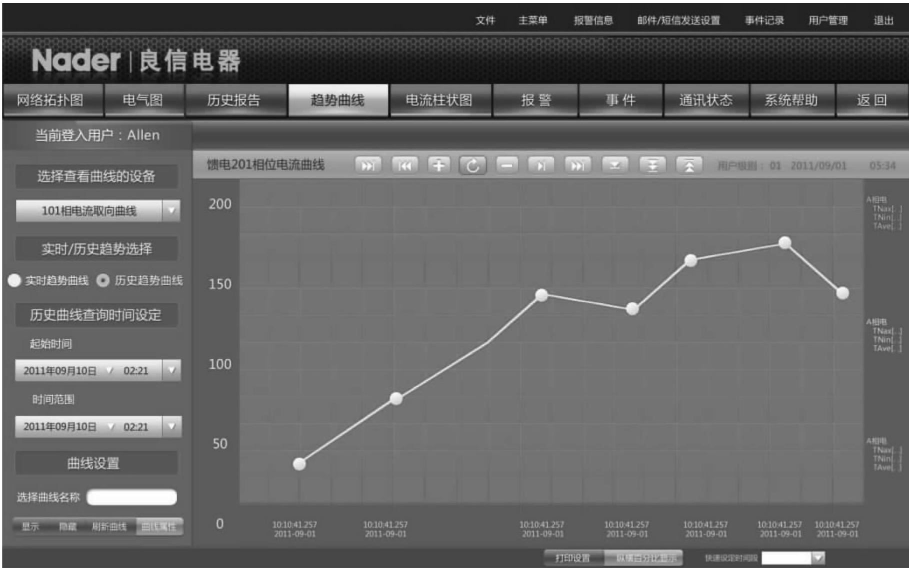


图 2　趋势曲线图

5. 应用案例

公司在新厂区的建设中，涉及多个方面，包括研发中心、试验站、生产厂房和地下车库。公司成功地将上述智能配电产品应用起来，组成了一个相对完整的能源管理系统。新厂区的一期配电的电气图如图 3 和图 4 所示。

在公司新厂房的建设中，特别增加了与能效相关的处理措施，包括用电高峰的预警处理，在用电达到限额时可进行拉闸限电处理，拉闸前的状态信息预警和公司 OA 系统关联的处理，拉闸限电后恢复供电的及时通知处理，以及最长拉闸时限的分区域处理。

为进一步节约能源，充分利用不同时段的电价差，公司特别在 6 ~ 9 月、11 ~ 2 月各四个月的工作日时间段中，根据实时的温度情况，提前开启空调器。在早晨 8 点前关闭空调器，转为人工模式，保证上班的员工进入一个相对比较舒服的环境，让同事不再忍受严寒酷暑之苦，同时充分利用分时电价的低谷电价，有效降低了电费。

系统平台还有在公司内网范围内全网可视的处理，在特定权限管理情况下，可在办公室实现远程分合闸操作。

低压配电屏位置代号	1TR	1L1	1L2	1L3	1L4		
低压配电屏型号		MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4		
用途	变压器柜	低压进线总开关	无功功率补偿	无功功率补偿	动力馈线		
外形尺寸	2500x1500x2300	1000x1000x2200	1000x1000x2200	1000x1000x2200	600x1000x2200		
一次线路图 ONE LINE SCHEME	2TR 变压器 SCLB-10/1600KVA 10±2x2.5%/0.4~0.23KV D/Yn-11 工频耐压35KV Uk=6% 带IP30防护罩壳风机及测温系统		RNT-380V-300KVAR	RNT-380V-300KVAR			
PE 1500A							
小室高度 (mm)		1800	1800	1800	600	600	600
配电回路编号					1L4a	1L4b	1L4c
用电设备名称					生产厂房底层电力A	生产厂房二层电力A	备用
引接配电箱					1PP1A	1PP2A	
用电设备装机容量 (kW)		1834	300kvar	300kvar	~250	~250	
出线电缆型号及规格 ZA-YJV22-1KV					2(3x150+2x70)	2(3x150+2x70)	
ZAN-YJV-1KV							

研发中心变配电站10KV/1H3高压柜引来 1H3 YJV-10KV 3x95

研发中心变配电站10KV/1H3高压柜引来 变压器温控线 1H3K1 KW-7x2.5

1L5	1L6	1L7	1L8	1L9
MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4
动力馈线	动力馈线	动力馈线	动力馈线	动力馈线
600x1000x2200	600x1000x2200	600x1000x2200	600x1000x2200	1000x1000x2200

	1L5a	1L5b	1L5c	1L6a	1L6b	1L6c
小室高度	600	600	600	600	600	600
用电设备名称	生产厂房三层电力A	生产厂房四层电力A	备用	备用	备用	生产厂房空压机组
引接配电箱	1PP3A	1PP4A				1KY
用电设备装机容量	~250	~250				~340KW
出线电缆型号及规格	2(3x150+2x70)	2(3x150+2x70)				2(3x240+2x120)

	1L7a	1L7b	1L7c	1L7d	1L7e	1L7f
小室高度	300	300	300	300	300	300
用电设备名称	[illegible]	备用	备用	备用	[illegible]	[illegible]
引接配电箱	1LPA				02DT	02SH
用电设备装机容量	134KW				22KW	5.5KW
出线电缆型号及规格	4x185+1x95				3x25+2x16	5x6

	1L8a	1L8b	1L8c	1L8d	1L8e	1L8f
小室高度	300	300	300	300	300	300
用电设备名称	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	备用	备用
引接配电箱	1KTA	1KTB	1XF	02BP		
用电设备装机容量	~72KW	~72KW	15KW	10KW		
出线电缆型号及规格	3x150+2x70	3x150+2x70		5x10		
ZAN-YJV-1KV			ZAN-YJV22-1KV 5x10			

	1L9a	1L9b	1L9c	1L9d	1L9e	1L9f
小室高度	300	300	300	300	300	300
用电设备名称	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	备用	备用
引接配电箱	1IT	3LP	3XF	02XF		
用电设备装机容量	40KW	30KW	30KW	64KW		
出线电缆型号及规格	4x50+1x25	4x25+1x16				
ZAN-YJV-1KV			ZAN-YJV22-1KV 3x35+2x16	3x70+2x35		

本柜需有调整标志

图3 配电电气图（一）

ZAN-YJV-1KV						
出线电缆型号及规格 ZA-YJV22-1KV				2(3x150+2x70)	2(3x150+2x70)	2(3x120+2x70)
用电设备装机容量 (KW)	2043	300kvar	300kvar	~250	~250	169
引接配电箱				1PP1B	1PP2B	CH-1
用电设备名称				生产厂房底层电力B	生产厂房二层电力B	研发中心冷水机组A
配电回路编号				2L4a	2L4b	2L4c
小室高度 (mm)	1800	1800	1800	600	600	600
PE 1500A						

外形尺寸	2500x1500x2300	1000x1000x2200	1000x1000x2200	1000x1000x2200	600x1000x2200
用途	变压器柜	低压进线总开关	无功功率补偿	无功功率补偿	动力馈线
低压配电屏型号		MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4
低压配电屏位置代号	2TR	2L1	2L2	2L3	2L4

													ZN-YJV22-1KV 5x10	ZN-YJV22-1KV 3x35+2x16	3x70+2x35			
2(3x150+2x70)	2(3x150+2x70)		2(3x95+2x50)	2(3x120+2x70)	3x185+2x70	4x240+1x120	3x120+2x70			4x50+1x25	5x6							
~250	~250		~160	169	125KW	175KW	100KW			30KW	5.5KW		15KW	30KW	64KW			
1PP3B	1PP4B		02SB	CH-2	1KTRF	1LPB	1DT			02LP1	02SH		1XF	3XF	02XF			
生产厂房三层电力B	生产厂房四层电力B	备用	研发中心电力	研发中心冷水机组B	生产厂房屋顶空调	[illegible]	[illegible]	备用	备用	[illegible]	[illegible]	备用	[illegible]	[illegible]	[illegible]	备用	备用	联络柜
2L5a	2L5b	2L5c	2L6a	2L6b	2L6c	2L7a	2L7b	2L7c	2L7d	2L7e	2L7f	2L8a	2L8b	2L8c	2L8d	2L8e	2L8f	
600	600	600	600	600	600	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	

600x1000x2200	600x1000x2200	600x1000x2200	600x1000x2200	1000x1000x2200
动力馈线	动力馈线	动力馈线	动力馈线	联络柜
MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4	MNS-0.4
2L5	2L6	2L7	2L8	2L9

图 4　配电电气图（二）

6. 总结

能源管理平台中包含电气拓扑图、电气原理图、历史曲线图、报表处理、报警处理。对于系统中支持数据通信的元件，可以实现遥测、遥调、遥信、遥控这四遥功能，对于一些不支持数据通信的元件，也能通过 I/O 端子模块反馈当前元件的分合闸状态。

能源管理系统目前主要处理低压侧的相关设备，同时留有接口，可方便与中高压的管理平台进行连接。

通过这样的能源管理平台，结合带有智能功能的各种配电产品，可以有效地实现能源管理，为所在区域的节能减排贡献一份力量。

（作者：上海良信电器股份有限公司　李柏　蒋爱贤　范建国）

FA03　无人值守配电室解决方案

（CS09　北京欧罗特高科电力设备有限公司）

无人值守配电室是指经常性无运行值班人员的配电室，该站的运行状态（包括必需的各种量值、潮流方向、开关电器的位置、变压器调压分接头位置、补偿电容器投切组数等），经本配电室的微机远动终端装置 RTU 或电力网络仪表处理后，送至调度中心的计算机系统，并在监视器和 LED 电子屏上显示出来，也可以打印制表，供调度值班人员随时监视查询，然后做出相应的处理。

1. 系统组成（见图 1 和图 2）

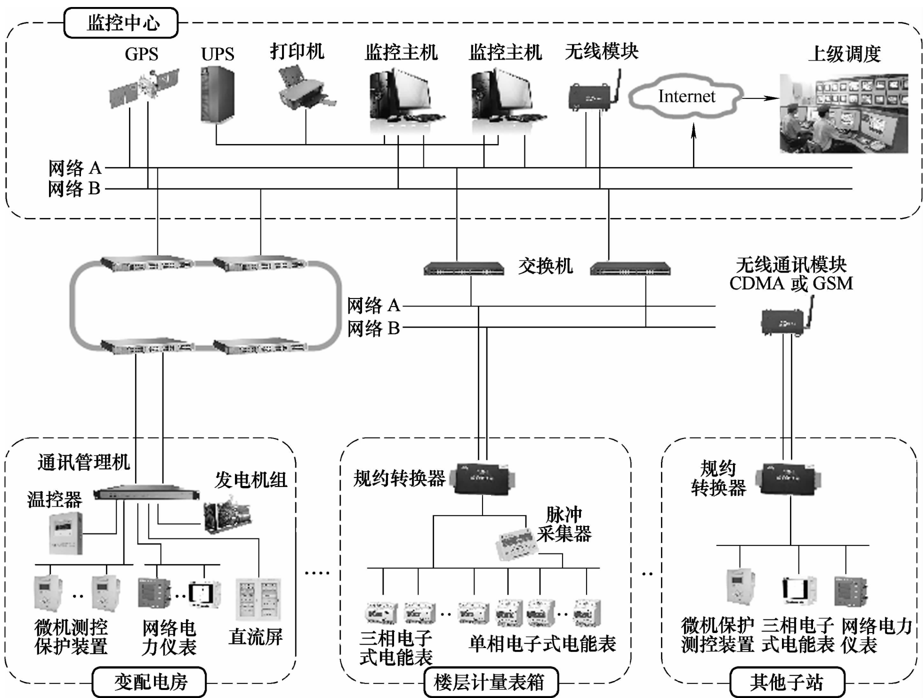


图 1　配电监控网络拓扑图

（1）数据采集与电力监控

1）遥测：通过系统网络监控主机、RS485 测控模块以及组态软件实现变配电站所有回路电量（包括电流、电压、有功功率、无功功率、视在功率、有功电能、无功电能、视在电能、功率因数、频率等）的采集。



图 2　ERT-900D 软件功能模块图

2）遥信：通过系统网络监控主机、RS485 测控模块/DI 模块以及组态软件，实现变配电站中所有开关量的采集，如断路器的分合闸、电机储能状态、变压器风机运行状态、高温报警信号、超高温跳闸信号、断路器故障信号、事故跳闸信号、综合保护器的故障类型，以及变压器门开关信号等开关量。

3）遥控：通过系统网络监控主机、RS485 测控模块/DO 模块以及组态软件实现带有电动操作机构的断路器等远程控制功能。

4）遥调：通过系统网络监控主机、RS485 测控模块以及组态软件实现对现场仪表如微机保护装置、无功功率补偿控制器等进行参数远程修改功能。

5）统计计算：对实时数据进行统计、分析、计算，例如通过计算产生电压合格率、有功、无功、电流、总负荷、功率因数、电量日/月/年最大值和最小值及出现的时间与日期、负荷率、电能分时段累计值、数字输入状态量逻辑运算值等，设备正常/异常变位次数并加以区分等，并提供一些标准计算函数，用来产生用户可定义的虚拟测点进行平均值、积分值和其他计算统计。

6）打印记录：记录功能指计算机站控系统通过打印机将各种要求的信息按指定的格式输出到打印纸上。

7）报警处理：报警处理有事故报警、预告报警两种方式。前者包括非操作引起的断路器跳闸和保护装置动作信号。后者包括一般设备变位、状态异常信息、模拟量越限/复限、计算机站控系统的各个部件、间隔层单元的状态异常等。

8）时钟同步：计算机监控系统可实现与调度端的时钟同步。

9）维护功能：维护功能指调度中心负责管理计算机监控系统的工程师通过该系统进行的诊断、管理、维护、扩充等工作。

（2）视频功能（见图 3 和图 4）

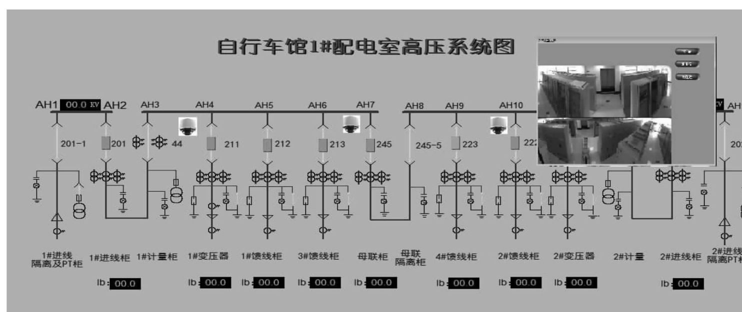


图 3　视频功能画面



图 4　视频功能数据传输

1）电视墙监视：对配电室实施集中控制管理，每个配电室设置一台监视器，按照摄像机编号进行循环显示。

2）计算机信号选择切换：当需要对某个配电室进行操作时，画面切换到中间大屏幕监视器。视频信号选择切换：对接入调度室的每个配电室视频信号进行交换控制。

3）音频信号选择切换：对接入调度室的每个配电室音频信号进行交换控制。

4）调度室录音：在控制室设置对调度室重要调度、指挥会议的录音功能。

5）调度室录像：在调度室可设置录像设备，对每个配电室视频信号进行录制。

6）调度室监听：在调度室对每个配电室的异常音频信号进行监听。

7）开放互连接口：为未来引入调度室监控平台的各种系统提供标准的互连控制接口。

（3）无线通信

1）方案拓扑图，如图 5 所示。

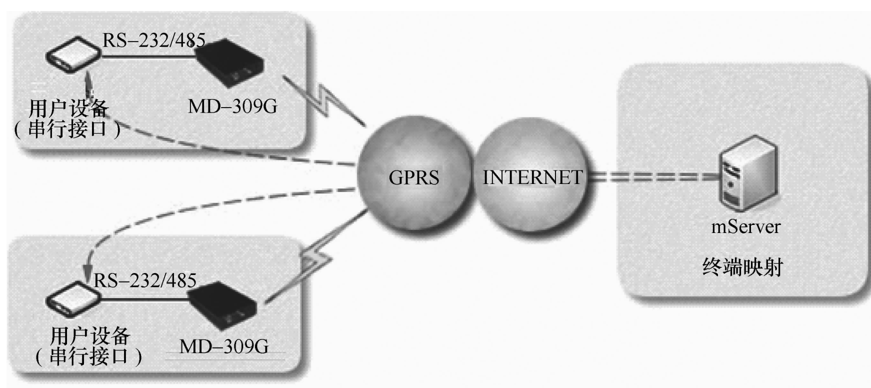


图 5　无线通信拓扑图

2）方案描述：控制前台 N 个电力仪表和控制后台的等待接收数据的计算机都通过串行接口（RS232/RS485）连接 DTU 产品，控制前台 N 个 DTU 产品及控制后台 DTU 产品利用

GPRS 网络连接到同一个 mServer 服务器（拥有公网 IP 地址）上。在服务器上，利用 dtumap 软件对控制前台及控制后台的 DTU 产品进行映射，使得两端 DTU 可以互相通信，这样控制前台 *N* 个 DTU 产品就可以将电力仪表上的数据发送到控制后台 DTU 产品，控制后台计算机就可以通过串行接口接收电力仪表的数据。

2. 设计

无人值守配电室高压开关柜离不开微机保护，低压开关柜离不开电力网络仪表，微机保护和电力网络仪表是无人值守的先决条件，应由三大部分组成：前端综合监控设备（音视频监控、环境变量监控、出入口监控等）、综合监控主机、综合监控软件；网络传输部分（宽带网络、无线网络、ADSL 或行业用户专网）；管理中心软件平台、无人值守服务器、监控终端、MIS 网络终端等。

（1）主控系统原理

1）开关量采集回路：开关量：随时间离散变化的信号。一般具有“开”、“关”两种状态，用 1 位二进制数据表示，一个字节表示 8 个开关量。如断路器的位置状态、各种事故与告警信号等。

2）遥控输出回路：遥控是对变电所的断路器、隔离开关等开关量进行“合”与“分”两种状态的操作，或者对复归信号的“清除”操作，即开关量的输出。实际对配电室中断路器等控制时，将中间出口继电器的触点接入变电所相应的控制回路中，接通或断开相应的控制电器，以启动控制回路中的中间继电器去完成断路器的合、分动作。所以输出继电器触点应具有相应耐压和切断电流能力。遥控操作分两步实现：首先选择对象，使控制对象继电器触点 DJ 闭合，经返校确认，停止或撤销遥控操作。执行：选择正确，可继续进行合、分操作。

3）遥调输出回路：遥调与遥控类似，也是一种控制输出。与遥控只输出两种状态不同的是，遥调需要输出连续变化的信号，即输出模拟量信号。

4）遥测量测量：将被测电量经电量变送器变换成直流信号，然后将其送入采样保持器、A-D 转换器，CPU 从 A-D 转换器内读出转换后的数字量，经标度变换计算所测电量值。

（2）系统优点

由于采用数字双向通信，一对双绞线或光纤完成诸多的信号传输功能，使得在该环节中的电缆、桥架、接线端子的用量减少到几乎为零，因此相应的安装工作量也大大减少。

间隔层设备采用智能终端设备，将电流、电压等信号在现场进行高精度的 A-D 转换，再以数字量的形式送入系统中，从而省略了变送器等中间变换环节，使系统采集的信号精度大大提高，节省了投资。智能终端设备还能在间隔层实现大量的逻辑、计算功能，可将许多以前在 DCS 中完成的工作下放到间隔层完成，实现真正意义上的分散控制，提高了系统的可靠性，而且系统可采集的信息量大大增加，操作人员在控制室就能实现监控系统对现场设备的在线监视、诊断、校验和参数整定。在工程建设中，由于系统组态简单，安装、运行、维修方便，分步调试能较快完成并及时投运。

（3）具备功能

1）监控界面（见图 6）：友好的人机界面，方便运行人员及时准确的了解系统运行情况，监控界面以不同的颜色显示所有断路器或其他配电设备的工作/故障状态，与实际情况完全一致，且系统运行参数可实时显示供用户查阅。

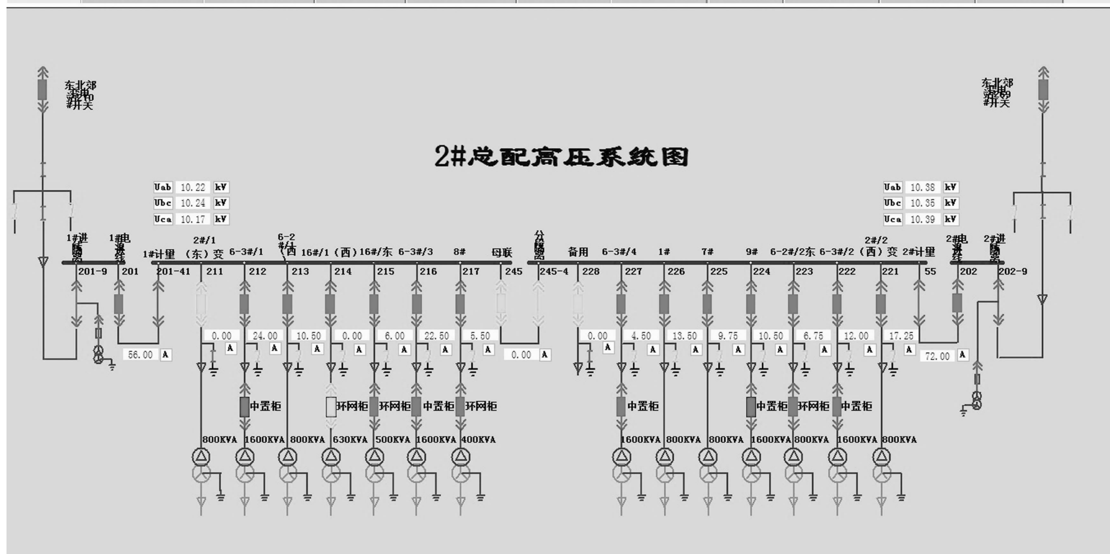


图 6　软件界面图之一

2）用户管理（见图 7）：对用户进行分级管理，使系统管理员对运行人员的操作权限进行设置，用户分成一般操作员、系统管理员和工程配置员三个等级，并由用户名和口令字唯一确定，保证操作的安全可靠性，从而使系统能够安全稳定的运行。



图 7　软件界面图之二

3）历史数据存储与查询功能（见图 8 和图 9）：定时存储监控数据，并为用户提供历史曲线查询和报表查询等功能。

4）事件报警及报警信息查询功能（见图 10）：监控系统可实时监测并记录开关的运行状态变位、故障报警、通信异常报警、越线报警等报警信息，同时弹出报警提示窗口或在监控画面上以图形方式进行显示。这里断路器的故障图标只有在故障消除后才会消失。

5）电能统计及报表管理功能（见图 11 和图 12）：监控系统可为用户提供电能消耗统计功能，并可以进行查询和打印等功能。

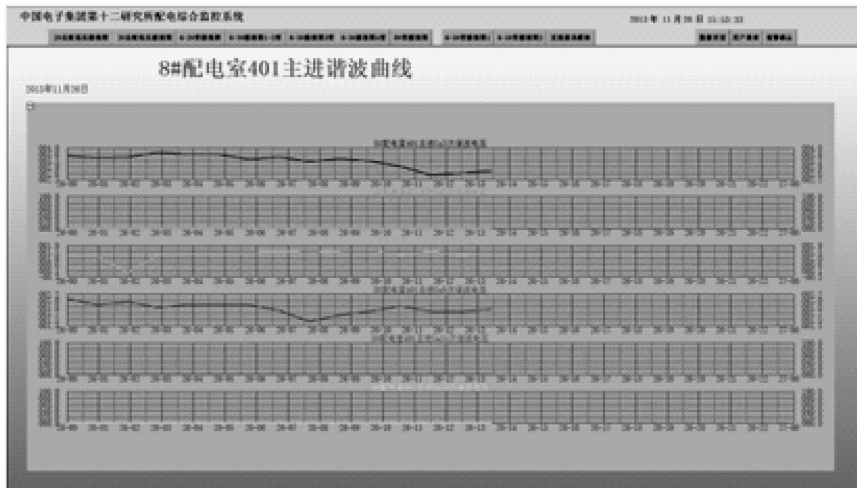


图 8　软件界面图之三

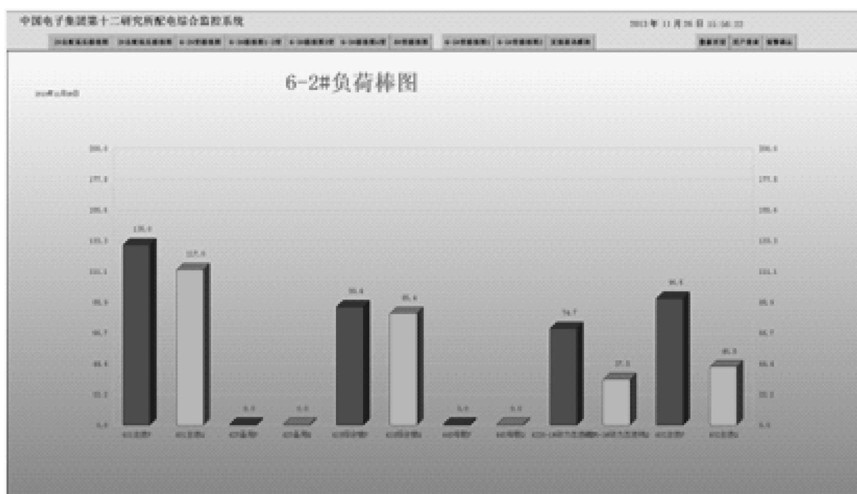


图 9　软件界面图之四



图 10　软件界面图之五

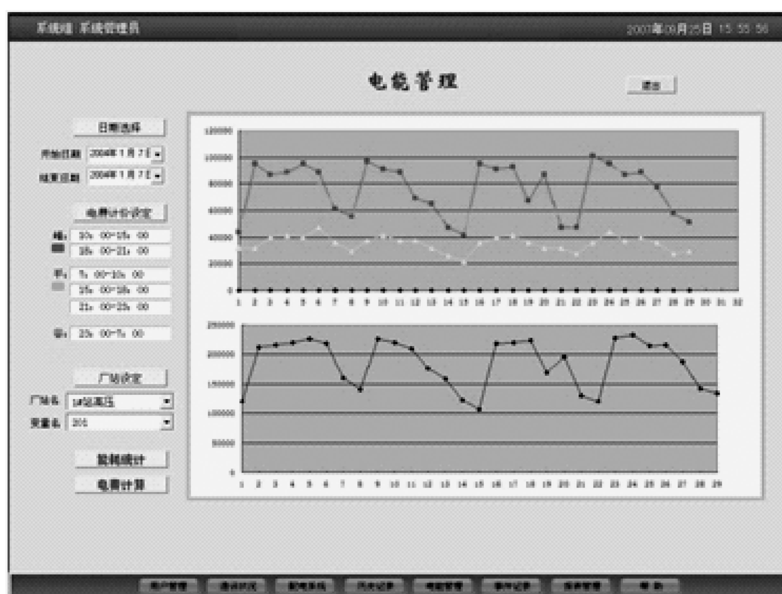


图 11　软件界面图之六

图 12　软件界面图之七

6）摄像机场景侦测：系统具有自动检测摄像机场景质量的功能，当摄像机被移动、遮挡、场景模糊等事情发生时，系统能检测到并发出报警信号。

7）其他辅助功能：网络测试、数据备份、报文诊断和用户文件管理。监控管理软件不断进行通信状态监测和通信报文监测，一旦出现通信异常便立即报警。

3. 实施

（1）主要器件、软件

1）高压开关设备：微机综合保护装置带四遥功能、断路器带通信功能；

2）低压开关设备：断路器带通信功能、断路器带电动操作机构、回路配置有电力仪表并且带通信功能、计量仪表带通信功能；

3）电力变压器：温度控制仪表带通信功能、分接开关控制器带通信功能；

4）视频：视频采集部分如摄像机、视频存储部分如录像机、视频传输部分如交换机；

5）软件：前台人机交互界面、曲线及报表管理设置、后台数据库管理、多级权限用户管理、通信管理设置、网络功能。

（2）信号采集控制

1）通过现场采信模块实现遥信功能，实时监控各设备的位置状态；

2）通过现场采信模块实现遥测功能，实时监控各设备的参数；

3）通过器件的通信功能或 DO 模块能实现对断路器的远程遥控；

4）通过器件的通信功能可在线整定微机保护、电力仪表、功率因数控制器、变压器分接开关装置的参数；

5）通过视频监控系统实时监视，历史查询现场状态。

4. 主要目标及技术经济指标

1）实现各配电室无人或少人值守，达到减员增效目的；

2）实时监控，提高工作效率；

3）作为五遥系统的前端，将需要的参数无缝地与系统连接；

4）构建电能管理系统，并为能效管理提供信息基础。

5. 案例介绍

（1）概述

某电子集团研究所成立于 1956 年，位于北京市朝阳区酒仙桥地区，毗邻首都机场高速公路，距首都机场 15km。研究所项目有一个主控室、五个配电室、两栋宿舍楼，配备有变压器 12 台。总共有高压柜 23 面，低压配电柜若干面、配电直流屏，承担着整个电子所的所有照明、空调及其他各种设备用电。

（2）客户面临的问题

1）如何建立优化的电力监控系统，保证研究所供电的连续性；

2）如何快速响应故障，最短时间内排除故障，恢复供电；

3）如何制定有效的节能降耗计划，合理控制电力成本；

4）如何做到无人看守变配电室；

5）大部分设备都是 20 世纪五六十年代采购的老旧设备，面且设备还没有通信功能；

6）两栋宿舍楼与中控室中间隔着市政街道，无法铺设光纤。

（3）改造后的客户价值

我们可以通过一套电力监控及电能管理系统来解决这些问题：

1）配置一套后台监控管理系统，将 10kV 回路数字综合保护装置的信号接入到后台。

2）对 0. 4kV 进出线回路，如果没有配置电力参数测量仪表，则增加带有通信功能的测量仪表，将其数据接入到后台；对变压器温控器，如果不具备通信功能，则更换为带通信功能的温控器。

3）无法铺设光纤的地方采用无线传输方式。

4）加装摄像头，并进行录像和网络编码达到遥视功能。

5）中控室监控增设四块 46in（英寸）液晶模拟屏，方便监控，美观大方，对视频和数据进行重现。

通过这些装置和软件系统，实现：

1）实时监视电力系统的运行状况；

2）内部电能消耗管理；

3）电能质量监视和可靠性分析；

4）负荷特性分析和线路优化；

5）预防性维护；

6）设备的监视和控制。

（作者：北京欧罗特高科电力设备有限公司　杜冰）

FA04　智能低压电器系统方案

（CS13　德力西电气上海有限公司）

1. 概述

智能电网采用开放、标准化、先进的通信协议，且网络之间能实现无缝链接、使整个电网通信简洁、快捷、高效，其主要电器设备应该是高性能、高可靠性、高度智能的。

到目前为止，国内、外低压电器标准上还没有对低压电器智能化进行定义。但是，智能化低压电器这一说法已经被低压电器相关人员和部门所接受。目前，智能化低压电器基本含义是保护与控制功能齐全，兼有测量、故障报警记录、系统运行监控、电能使用管理等功能。

据统计，80% 以上的电能通过用户端低压电器设备传输，并最终消耗在终端电器设备上。作为用户端中起保护和控制作用的核心设备——低压电器，处于智能电网链的最底层。由于低压配电系统没有通信功能和网络化，使得智能型低压电器的众多智能化功能并没有发挥应有的作用。随着计算机技术、通信技术、自动化控制技术在低压配电和控制系统中应用，这些系统开始采用现场总线实现网络化。

（1）智能低压电器主要功能

1）保护功能：包含常规三段（长延时、短延时、瞬时）、单相接地故障、欠电压等保护。保护的参数可调，用户根据需求可自行设定。

2）测量功能：电流、电压、频率、有功功率、无功功率、功率因数、电能等电量的测量。可显示实时测量参数值、运行故障记录。

3）在线监控：触头及接线端温升、过负荷、预报警等。断路器操作次数统计以及机械寿命、触头电磨损、电寿命的预警。

4）通信功能：上次电参数测量值、断路器工作状态、故障信号、断路器自诊断信息等。主控计算机可对断路器进行四遥操作。

（2）智能低压电器优势

1）全方位的控制与保护；

2）高性能、高保障、高可靠性、高智能化；

3）连接上位机，宽领域的应用；

4）能有效减少通用规格型号产品的库存、降低成本；

5）节约产品研发与出货备货的时间。

2. 德力西智能低压电器方案

（1）智能电能表箱解决方案（见图 1）

随着智能电网的发展需求，全面需求改进传统电能表为智能电能表，包括信息采集、预付费、智能家电控制等功能，德力西推出全套的产品来迎合电网建设的需求，用于住宅用户的电费计量，箱内安装电能表、保护开关等。

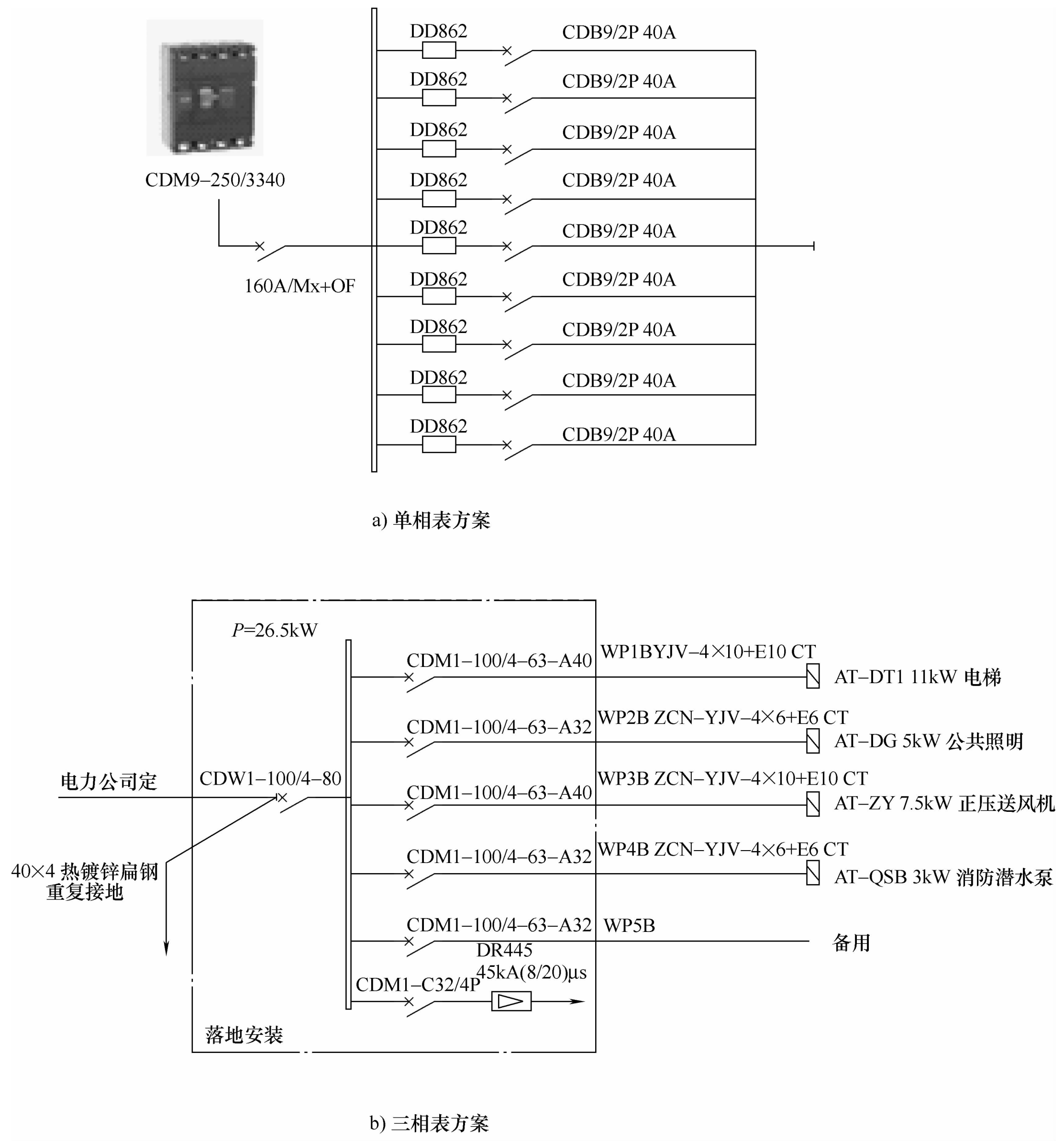


图 1　智能电能表箱方案

柜内低压元器件：

1）CDM9TM 热磁式塑壳断路器/CDM9LE 漏电塑壳断路器：

◇壳架电流：100A、250A、400A、630A、800A；

◇分断能力 I_{cu}：F（35～50kA）、N（50～70kA）；

◇额定电流倍数：0.8-0.9-1.0 三档可调，轻松整定，灵活升级；

◇漏电电流：Y（30/100/500mA）、T（100/300/500mA）、F（300/500/100mA）；

◇延时时间：0-0.2-0.5 三档可调，精准保护，适用不同场合；

◇保护功能：提供完备的配电保护、电动机保护、剩余电流保护，保障线路与人身安全；

◇全系列隔离功能：独特电气间隙设计，保证断路器断开时触头断开，确保检修安全；

◇提供各类附件：安装便捷，使用安全。

2）CDB9 系列微型断路器：

a）原装全球技术转移：成熟稳定的第四代技术平台，历经 10 余年的全球市场考验，八大技术创新。

b）技术参数：

◇全系列分断：6kA/10kA；

◇机械寿命：20000 次；

◇电气寿命：10000 次；

◇进线方式：上下进线均可；

◇认证：CCC、CE、CB、KEMA。

c）产品特点：

◇动触头位置指示机构（CPI），最大限度保证操作与维护人员的人身安全；

◇快速闭合技术，降低电弧对触头的影响，提高了断路器的电气寿命；

◇独特的磁脱扣机构，分断时间小于 6ms，有效减小触头磨损，延长电气寿命；

◇最高三级限流能力，将预期短路电流能量限制到其 1/10 内，有效抑制热效应至最小；

◇独特的侧面通风槽设计，断路器多级拼装时，减小断路器之间的热累加效应，降低温升；

◇专有的剥线指示，产品侧面独有的剥线及拧紧扭矩指示，接线更加快捷准确；

◇上下双稳态锁定夹设计，安装更便捷稳定；

◇弧形隧道式接线端子，有效防止由于接线不牢导致的温升过高而烧毁端子的现象。

（2）JP 柜解决方案（见图 2）



图 2　JP 柜内部安装图

1）方案概述：

JP 柜是为适应农村低压配电装置标准化、小型化、户外式的要求而设计的，它集配电、计量、保护（过负荷、短路、漏电、防雪）、电容无功补偿于一体。

2）柜内低压元器件：

a）进线刀开关（HD 系列）：

◇智能漏电断路器：CDLE6；
◇塑壳断路器：CDM9；
◇智能鉴相鉴辐漏电继电器：CDJD8；
◇微型断路器：CDB9；
◇无功补偿控制器：JKL5C；
◇电容器：BSMJS；
◇避雷器：HY1.5W；
◇电流互感器：LMK 系列；
◇浪涌保护器：CDY1。

b）CDLE6 智能漏电保护开关（自动重合闸断路器）：

①技术参数：
◇四组壳架：100A/250A/400A/630A；
◇分断能力：35kA/50kA；
◇脱扣方式：热磁式/电子式；
◇自动重合闸时间：20～60s。

②产品亮点：
◇集过负荷、短路、断相、过电压、欠电压、剩余电流、电源侧断零、自动跟踪等保护于一体；
◇由单片微处理器组成智能化控制电路，精确测量运行参数，故障时迅速脱扣；
◇LED 界面自动循环显示工作电压、电流、实时剩余电流值；
◇采用 M1 平台，产品结构紧凑，分断可达 50kA；
◇通信型（带 RS485 接口），可与计算机连接，实时了解断路器运行状况；
◇集成了漏电继电器、交流接触器及空气断路器于一体，大大缩小了开关柜的安装空间。

c）CDJD8 智能鉴相鉴辐漏电继电器

①基本参数
◇额定电压：380V；
◇额定电流：250A、400A、630A；
◇剩余动作电流：200mA、300mA、400mA；
◇触电动作电流：50mA；
◇延时重合闸：20～30s；

②产品特点：
◇采用 MCU 控制，智能型产品，在三相不平衡时，触电与漏电可靠动作；
◇自动区分漏电与触电信号，能在线路绝缘水平低、漏电电流较大时正常投运；
◇可根据需要，选择设置漏电电流为“30mA”档，或“自动”档；
◇采用软件数字滤波技术，增强了抗干扰能力。在雷电、电网谐波、线路瞬时过电流等干扰时，不误动作；
◇产品在线路漏电突然减少时不动作，投运率较高；节能无声运行，长期运行不烧线圈；
◇漏电电流数字显示，漏电保护动作及故障指示，利于故障分析。

d）BSMJS 电容器：

①基本参数：

◇额定电压：AC250V、400V、450V、525V、690V、750V、1050V；

◇额定容量：1～60kvar。

②产品特点：

◇超长寿命：采用耐高温金属化薄膜电介质；

◇防爆防漏：外壳采用磨砂马口铁，良好的缝合工艺，先进的防爆片焊接工艺；

◇接线方便：独特的引出端子，可直接压线连接；

◇尺寸更小：提高单台电容柜容量。

e）JKL5C 无功补偿控制器：

①基本参数：

◇投入门限：0.80～－0.92；

◇切除门限：－0.90～0.82；

◇工作方式：连续工作、循环投切；

◇输出路数：1～12 回路（可调）；

◇补偿方式：三相平衡补偿。

②产品特点：

◇投入、切除门限可越过功率因数 1.00，产品的适用范围更广；

◇采用 MCU 控制，对电网的过补偿、欠补偿、过电压、欠电压、欠电流等情况能自动显示，并作出相应的处理；

◇具有回路设定功能，可根据实际需要来设定输出回路数，方便用户使用；

◇具有自动鉴相功能，接线方式不固定，接线非常方便，便于安装、调试，使用场合广；

◇产品抗干扰能力强，且具有（WDT）自动复位功能，工作稳定可靠；

◇具有软件智能防“空投”功能，避免一般产品设计缺陷；

◇可选择直流输出型产品，实现无冲击的“柔性补偿”。

（3）电缆分支箱解决方案

1）方案概述：

a）作用：电缆分支箱是用电缆向其他设备分配电能的一种成套设备。分支箱内有开关设备，既可起分接、分支作用，又可起供电电路的控制、转换以及改变运行方式的作用。

b）应用场合：变电站、配电所、市政新建改造工程、城农网改造项目、工矿企业以及小区住宅等户外公共场所的三相低压配电系统中（特别适用于城市电网改造，可大大节省设备与电缆的投资，提高供电可靠性）

c）电缆分支箱接线图，如图 3 所示。

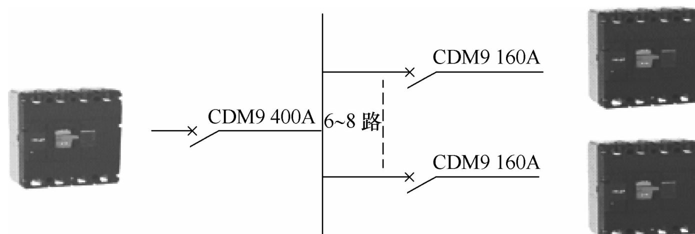


图 3　电缆分支接线图

2）低压元器件：

a）CDM9TM 热磁式塑壳断路器/CDM9LE 漏电塑壳断路器：

◇壳架电流：100A、250A、400A、630A、800A；

◇分断能力（I_{cu}）：F（35～50kA）、N（50～70kA）；

◇额定电流倍数：0.8-0.9-1.0 三档可调，轻松整定，灵活升级；

◇漏电电流：Y（30/100/500mA）、T（100/300/500mA）、F（300/500/100mA）；

◇延时时间：0-0.2-0.5 三档可调，精准保护，适用不同场合；

◇提供完备的配电保护、电动机保护、剩余电流保护，保障线路与人身安全；

◇全系列隔离功能：独特电气间隙设计，保证断路器断开时触头断开，确保检修安全。

b）CDM9E 电子式塑壳断路器：

◇壳架电流：250A、400A、800A；

◇分断能力 I_{cu}：F（35～50kA）、N（50～70kA）；

◇智能化的电子式断路器：长延时为 0.4～1I_n，短延时为 2～10I_n，瞬时为 2～10I_n；

◇全系列隔离功能：独特电气间隙设计，保证断路器断开时触头断开，确保检修安全；

◇提供各类附件：安装便捷，使用安全。

（4）箱式变电站解决方案（见图 4）

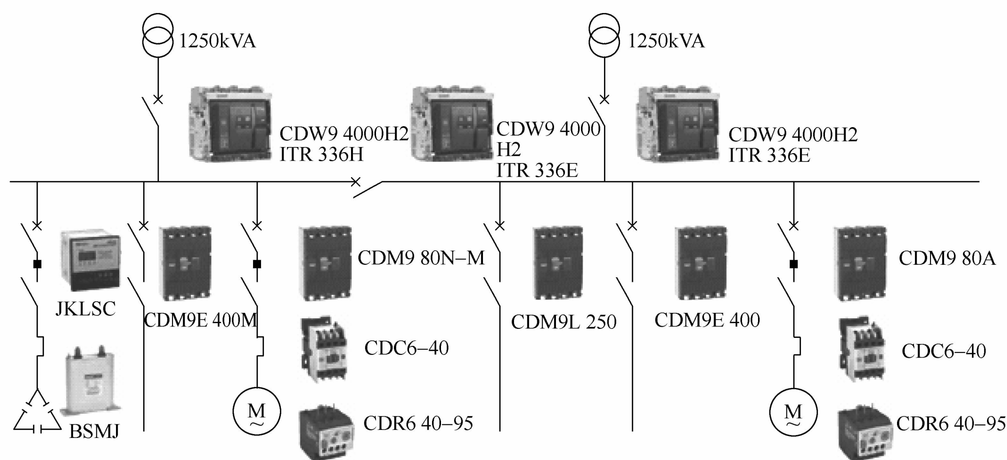


图 4　箱式变电站解决方案

1）适用范围：箱式变电站（简称箱变）是一种把高压开关设备配电变压器、低压开关设备、电能计量设备和无功补偿装置等按一定的接线方案组合在一个或几个箱体内的紧凑型成套配电装置。它适用于额定电压 10/0.4kV 三相交流系统中，作为线路和分配电能之用。

2）配电要求：

◇安全运行、操作；

◇便于维护、巡检；

◇保护简洁、可靠；

◇长寿命、免维护，能够常年无检修运行；

◇通常过负荷保护，短路保护即可；

◇满足恶劣环境运行要求。

3）柜内低压元器件：

a）空气断路器（CDW9 系列）：

①技术参数：

◇四种规格：1600N、4000H1、4000H2、6300L；

◇额定电流：630 ~6300A；

◇分断能力：50 ~120kA；

◇工作电压：400/415V、690V；

◇接线方式：水平/垂直/板前/混合接线。

②产品特点：

◇采用全球领先的技术平台研发，更优化的电流、分断能力与性能；

◇机械寿命最高达 25000 次，电气达 6000 次，减少日常使用维护中的成本；

◇体积比 DW45 产品减少 50%，优化的体积，节省盘柜空间，安装轻便；

◇提供水平、垂直、板前接线，更有混合接线，以及丰富的拓展端子；

◇ZSI 区域选择性联锁保护，避免不必要跳闸，缩小停电范围，保证供电连续性；

◇CDW9 适应温度范围为 +80 ~ −40℃，保障配电系统在严酷环境下依然稳定运行；

◇利用先进的质量控制工具 CPT，从源头零部件到整机进行全面检测，产品质量、性能标准大大提高，减少事故发生，客户使用更安全、更长久。

b）CDC6 接触器：

①基本参数：

◇电流规格：9 ~630A；

◇线圈电压：AC 24 ~440V；

◇线圈频率：50Hz、50/60Hz；

◇极数：3 极；

◇辅助触头：9 ~95A，1NO +1NC，115 ~630A：0NO +0NC；

◇认证：CCC、CE、SEMKO。

②产品特点：

◇全方位防护设计，确保产品稳定可靠；

◇增加透明罩盖、防尘贴、封闭式线圈的设计，有效防止异物进入，降低产品故障率；

◇规格齐全，附件完备，让采购与库存管理更轻松；

◇19 个电流规格，覆盖 9 ~630A，附件齐全，实现一站式采购；

◇100A 以内标配 1 开 1 闭辅助触头，库存管理更方便；

◇创新的设计，安装与接线更简易；

◇9 ~32A：采用独特滑块设计，可免工具快速安装拆卸，省时省力省工具；

◇40 ~95A：采用双孔接线端子设计，接线更牢固更快捷。

c）CDR6 热继电器：

①基本参数：

◇整定电流规格：0. 1 ~630A；

◇脱扣级别：10A、10；

◇保护功能：过负荷保护、断相保护、相间不平衡保护；

◇认证：CCC、CE、SEMKO。

②产品特点：

◇整定电流范围覆盖为0.1～630A，规格齐全，采购便捷；

◇增加透明罩盖，保护更安全；

◇9～32A：增加线圈快速接线柱，能直接实现与CDC6线圈接点的连接，布线美观、操作便捷。

3. 德力西智能低压电器展望

德力西电气积极响应智能电网的发展号召，在低压框架断路器、塑壳断路器与小型断路器、双电源自动转换开关等配电关键产品。以通信、测量、监控为主，辅以主动防御、自诊自愈，大力发展符合国家智能电网需求的产品。

人们的生活离不开电力，社会的发展离不开电力，水能、风能、太阳能、核能等清洁能源正越来越多被转化为电力，充电汽车、智能家居、微网系统等新兴事物也大大便利人们的生活。要高效率利用清洁能源，实现大规模开发和远距离输送，需要构建智能电网。智能电网将通过集成先进的信息化、自动化、储能、运行控制和调度技术，为清洁能源的集约化开发和应用提供技术保证。

（作者：德力西电气上海有限公司　宁柏　崔亮）

FA05　智能低压配电管理监控系统

（CS18　杭州鸿雁电力电气有限公司）

1. 概述

智能化配电系统其主要特点是在传统低压开关柜和元器件基础上充分应用了微电子技术、电力电子技术、计算机控制技术以及网络通信等新技术，具有较高的性能和可靠性。若干个智能型低压开关柜经数字通信与计算机系统网络连接，组成智能低压配电系统，具有遥测、遥控、遥信、遥调功能，可以实现变电所低压开关设备运行管理的自动化、智能化。

1）现有与开关柜运行有关的二次设备主要包括：监测仪表、多功能电能表、统计型电压表和电流表、谐波表、无功补偿装置、低压电力电容器及其投切开关、通信模块等，有的还含有负荷控制、在线监测等设备。这些繁多的二次设备，其标准化、规范化设计困难，现场难以做到“即插即用”；由于供应厂商较多，质量也不易保证，其中任一设备故障都将影响开关柜的可靠经济运行；同时购置、维护成本较高，牵涉的供应厂商较广；由于不同厂家产品的风格和操作方法不一致，对于使用人员也不方便，维护和维修需要和众多厂商联系。

2）目前高低压开关柜在实际运行中，还存在一些亟须解决的技术问题。比如“用户事故出门”问题，当某一条出线发生故障时，很可能引起整个配变低压侧失电；还有状态检修问题，在温升、弧光、开关状态监测等方面，缺乏有效保护监控，不利于开关柜由计划检修或故障检修向状态检修的转变；最后，还有信息管理及传输问题，目前当地信息存储和分析功能不足，没有可以在智能装置上实现整套屏柜的信息中心，同时也很难通过以太网光纤通信，实现各个开关柜之间或开关柜与上级监控中心之间的高速数据交互。

3）从开关柜外形结构美观和结构紧凑来看，需要开发功能集中、模块化组合式的二次

综合管理系统，减少安装空间，现场配置灵活，同时，能使得外观设计简洁大气。

2. 系统结构

如图 1 所示，配电监控系统采用分层、分布式结构设计，按间隔单元将整个系统分为，系统控制层、网络通信层、现场设备层三个层。

1）系统控制层：由控制低压配电系统软件、中央主机、打印机等组成。通过计算机软件实现系统管理功能。提供用户界面、系统组态、数据储存管理、报警提示、故障记录等功能，是整个 HY_SMARTDS-V1.0 系统的核心。

2）通信网络层：提供底层智能元件和上位监控主机间的连接，进行数据传输，包括通信协议的转换。系统提供包括现场总线、工业以太网等多种解决方案，实现底层设备和监控主机间的无缝连接。

3）智能元件层：是指现场安装的智能仪表和装置，各类现场智能元件负责采集底层信息和现场智能控制，并通过数据通信接口和通信总线提供给监控主机管理，是 HY_SMARTDS-V1.0 系统的基础。

3. 系统主要功能

HY_SMARTDS-V1.0 配电监控系统主要用于变配电自动化项目中，用于实现变配电站的无人值守，其主要功能如下：

（1）数据采集功能

由数据采集装置采集现场有关数据，包括模拟量、脉冲量开关量、测量量及外部输入信号等数据传至监控系统作实时处理，实时更新数据库及显示画面，并在屏幕上采用模拟图方式实时显示现场设备运行状况和历史事件，并采用打印或报表等方式输出。

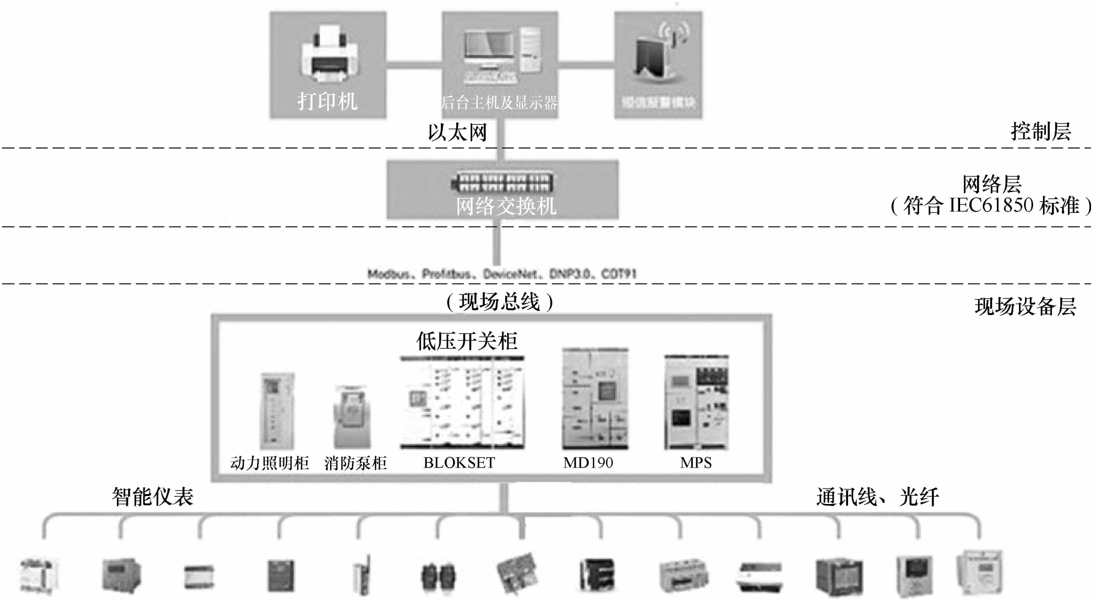


图 1　系统结构图

（2）控制功能

通过主站微机进行分合操作。控制对象包括开关和断路器、隔离开关的分合（跳合）

操作，设备运行检修。为保证受控设备的安全，所以有可靠的闭锁和防范措施。

（3）屏幕显示功能

主控机显示与实际相对应的一次主接线模拟图，显示各控制对象的运行状态并实时动态更新。可形成实时的和历史的模拟量连续变化趋势图，如功率负荷曲线、电压波动曲线。数据可以在系统硬盘中长时间储存（或自己设定储存时间），为分析事故及故障原因提供数据。

（4）数据存储功能

系统采用主动或召唤方式上报（默认召唤方式），遥信、遥测点，数据上传类型可设置的数据，存储数据，并可按标准格式打印各种报表、历史数据库内容、各种曲线。

（5）保护功能

系统实现过电流和过电压的多段式保护和报警功能，配置双进线时的电源备自投功能，检测、判别瞬时故障和永久故障，判别相间短路、断线、单相接地等故障，故障类型及相关信息主动上报，配电线路闭环运行和分布式电源接入情况下宜具备故障方向检测功能，具备开关在线测温、环境控制等保护功能。

（6）通信功能

通过现场总线的形式向主站发送信息，并接受主站的控制。远动终端向上级发送遥测量包括电流、电压、有功电能、无功电能、功率因数。遥信量包括开关或断路器位置信号和故障信号。遥控量包括断路器或开关的分合分接头的调节。将所有三遥信息量上传至主站。上级或调度端向下级发送遥控量分合断路器或开关。

（7）高级应用功能

1）防火墙功能；

2）开关柜内环境温度在线测温；

3）电缆接头无线测温；

4）电缆绝缘性能监视；

5）弧光保护；

6）无功补偿 VQC 功能。

（8）用户、权限功能

系统提供用户编辑及权限设置。从而可以实现多人分权限访问功能，便于用户更好的管理配电监控系统。

4. 关键设备描述

如图 2 所示，HY_SMARTDS-V1.0 配电监控系统是鸿雁电力电气有限公司自产的智能电器元件设备，可支持其他第三方厂商的设备。整个平台由两部分组成，一个是核心自动装置，另一部分是人机对话部分（EMU）。第一部分的核心装置，为 4U 全宽标准机箱，深度可以调整，采用前插结构，方便接线，各个功能插件可以根据现场需要进行配置，实现组合式安装。其安装在低压开关柜的内部。第二部分人机对话部分，可以是触摸屏，安装在正面屏柜上，所有显示和操作都在触摸屏上实现，也可以是带显示灯及按键的大屏幕彩色液晶，其深度非常薄，便于适应各种开关柜安装。两个部分的连线非常简单，只需要两根数据线和两根电源线，容易现场维护。简洁方便的 EMU 即为本项目将要开发的综合信息管理平台部分，整个系统可以通过电缆接线和通信线，与开关柜上的各种开关及其他设备进行链接和信息交互，同时也可以通过丰富的通信方式，与上级 RTU 或管理监控中心进行数据共享、接收和发送命令。

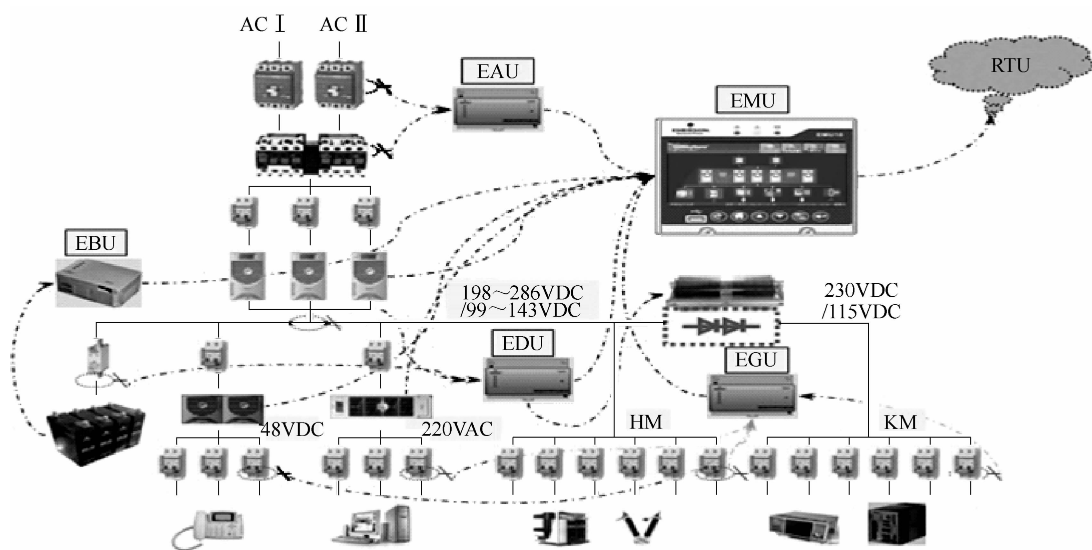


图 2　关键设备示意图

5. 采用的通信协议

系统包含多种通信方式，如传统串行通信、有源以太网通信、无源 EPON 通信、Zigbee、载波、射频、GPRS、短信等各种通信口，同时也可拓展多种通信协议，如 MODBUS、101、104、CDT 等，并且为适应电力行业的最新发展，将考虑为今后 IEC61850 的应用预留接口，可以实现将传统的配网终端用 IEC61850 已有或扩展的方法建模，通过 IEC61850 建议的 MMS 方法，实现主站及终端间面向对象的数据交互和信息的自动解读，从而做到智能配网终端的即插即用。

6. 产品的重要特点

系统采用高精度 32 位处理器，大屏幕液晶显示，内部多 CPU、多智能单元，高速信息总线结构，使得现场可以根据需要模块化灵活配置功能插件，组合式设计安装，并且需考虑复杂的电磁环境和高低温环境。例如，可以先期不配置无功补偿模块，根据日后需要，仅插入一块功能插件即可方便地进行扩展。测量、显示、操作、统计分析、操作五防、测温等功能，将集中处理和实现。集计量、测量、保护、控制、在线监测、无功补偿、相位校正等多功能为一体的模块化组合式综合服务应用，含“防火墙”、状态检修、测温及弧光保护、谐振过电压、励磁涌流识别等多项应用开发。

7. 适用范围

HY_SMARTDS-V1.0 配电管理监控系统是一套功能强大稳定的低压智能管理综合平台，可广泛应用于工业企业、矿山、医院、酒店、智能小区等配电自动化领域，实现配电智能化，达到配电室无人值守的要求。

8. 应用情况

HY_SMARTDS-V1.0 配电管理监控系统，产品的上市应用的时间不长，还处于产品推广期，如舟山港航的大宗交易市场低压配电管理采用了此系统，满足了客户对配电自动化控制的需求。

（作者：杭州鸿雁电力电气有限公司　牟涛）

2.2 智能表计系统

FA06 适用于轨道交通能源管理的西门子 PAC 系列电能表及系统

（CS49 西门子（中国）有限公司 低压产品事业部）

1. 概述

近几年来，城市的交通方式日新月异，尤其在轨道交通这一块的发展是异常迅猛。随着技术能力的逐步增强，在电网电力上的用电安全也是越来越细化了。

在轨道交通中大量的使用了电力电子器件，从而产生的谐波会危害到电网；而当电设备没有规划的使用，还会产生不平衡。电能管理系统在配合西门子的 SENTON PAC 系列多功能电能表的使用下，分析并记录回路故障原因，更多地节省电能损耗。

西门子有限公司的电能管理系统可配合 PAC4200、PAC3200 多功能电能表，在电网使用中监测并分析各用电回路的使用隐患，以提醒用户在将来使用中进行改进。

2. 能源管理系统

轨道交通的能源管理系统，使用西门子能源管理软件 powermanager 对多方面用电回路，根据其用电的重要性进行不同监测，从而有效地达到能耗管理、用电分析、事件记录、安全报警、故障分析及治理等功能（见图 1）。

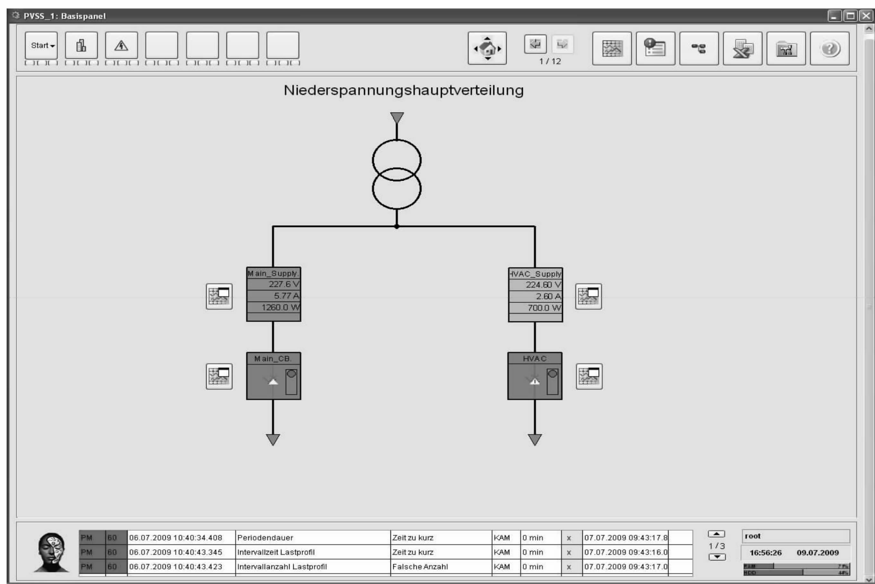


图 1 西门子能源管理软件界面

对每个站的进线回路以及各个重要回路，使用的是比较高端的带谐波测量功能的多功能电能表，比如在主进线以及母联回路使用的是西门子 PAC4200 多功能电能表，而在公共区、设备区、环控电控室和通风空调系统等重要回路使用的则是西门子的 PAC3200 多功能电能表。

其他的非重要回路选用的是简单型多功能表或电能表以作计量用。

（1）能耗管理

能耗管理主要是对各回路所产生的能耗进行采集和分析，从而进一步对各用电设备以及用电流程进行适当调整，从而起到在不影响质量的情况下，使能耗降到最低。比如说，削峰平谷、有效减少没必要的电耗。

（2）用电分析

能源管理系统可以对采样点的数据归档存储，然后调出显示为趋势曲线，以此观察历史或者实时的用电情况。

另外，它还可以将归档的数据调入报表中，直接生成 EXCEL 格式报表，可以直接在 EXCEL 上进行数据分析。

（3）事件记录

对于某些回路断路器进行保护而产生的动作，可以记录下动作产生的时间以及动作产生的原因。对于报警而产生的事件，可记录报警产生的时间以及情况，并有效记录报警消失的事件及情况。

（4）安全报警

对重要回路的关键数据进行有效监管，设置相应的上、下限值，一旦该数据超出限制，立即发出报警，并显示报警出处。

（5）故障分析及治理

对于谐波、三相不平衡以及过补等状况，可根据西门子的 PAC 表所采集的数据进行有效的分析以及记录。

对于谐波有效的使用有源电力滤波器；对于不平衡有效地调节三相上的负荷，使其均匀；对于过补有效的优化补偿容量以及补偿地点。

3. 设备选型

（1）SENTRON PAC4200 多功能电能表（见图 2）

西门子 SENTRON PAC4200 除了具有电流、电压、功率、功率因数以及电能等多个基本值之外，还可以生成用于分析电能质量的测量数据：

1）电能、功率的正反向；

2）检测电压、电流总谐波畸变率；

3）检测从 3 次到 31 次的电压和电流奇次谐波；

4）检测失真电流强度 I_d；

5）检测相角以及电压与电流在幅度和相位上的不对称性；

6）具有较大的内部存储器；

7）可存储负荷曲线；

8）可存储 40 天内以 15min 为测量周期的视在、有功和无功功率平均值；

9）具有一个集成的实时时钟，所有事件都可被追溯到准确到秒的时间。这样在发生故障时就节省了宝贵的故障排查时间；



图 2 SENTRON PAC4200 多功能电能表

10）带有多种通信能力：Modbus TCP、Modbus RTU、Profibus DP、Profinet，其中自带的 Modbus TCP 通信接口具有网关功能，可将后面所接的 MODBUS RTU 设备通信转化为以太网通信。

（2）SENTRON PAC3200 多功能电能表（见图 3）

西门子 SENTRON PAC3200 除了具有电流、电压、功率因数以及电能等多个基本值之外，还可以生成用于分析电能质量的测量数据，与电源管理程序和程序块库相结合，西门子提供了一种创新和面向未来的解决方案，可使电能利用得到优化。

1）电能、功率的正反向；

2）相不平衡度；

3）电压/电流畸变率 THD 值；

4）支持中文显示，LCD 显示屏，点阵式大屏幕，操作简单易行；

5）自带 DI/DO 点，用户可自定义各种逻辑限值，迅速准确的发现断路器分合状态或系统故障信息；

6）带有多种通信能力：Modbus TCP、Modbus RTU、Profibus DP，其中 Modbus 通信可被用来使用免费提供的 PowerConfig 对 PAC3200 的内部参数进行远程配置。



图 3　SENTRON PAC3200 多功能电能表

（3）powermanager 能源管理软件

电能管理软件选择西门子公司的 SENTRON Powermanager，全面检测配电系统的情况及电能质量状况，详细记录用电状况和相关事件，快捷的数据分析及通用的报表输出。

4. 轨道交通用电产生隐患的原因及监测

（1）谐波的产生

由于强、弱电多系统并存，交、直流并存的使用配电系统，从而大量的非线性电气设备使用于配电系统中。

1）照明系统：在公共区、设备区的荧光灯以及广告牌等照明设备，基本都是气体放电而产生电弧，电弧的电阻是随着电流的增大而急剧减小，这样会产生谐波电流。

另外，照明系统的镇流器在整流后输出高频电流，也会产生大量谐波电流。

2）通信及信号系统：车站内的各种综合检测系统、安防系统、环控系统、售票系统的开关模式电源也会产生大量谐波。

3）给排水：给排水的水泵是通过变频器和软起动器来运转，而这些恰恰是产生谐波的罪魁祸首。

4）扶梯、电梯以及屏蔽门：扶梯、电梯以及屏蔽门都是通过变频调速方式来动作，这样必然会产生较大谐波。

5）直流屏（见图 4）；EPS 电源屏（见图 5）：对于直流屏和 EPS 电源屏所使用的充电器和逆变器都会产生谐波电流。

所以在各个系统的回路中我们根据回路的重要性分别加装了西门子的 PAC4200 和 PAC3200 多功能电表，重要的回路 PAC4200 电能表会分析并记录单次谐波，而一般需要监测的回路 PAC3200 会计算出总谐波畸变率。



图 4　直流屏

（2）三相不平衡的产生

电力系统三相不平衡可以分为事故性不平衡和正常性不平衡两大类。

1）事故性不平衡（见图6）：事故性不平衡一般是由系统中各种非对称性故障引起，比如单相接地短路或两相相间短路等。遇到这种情况，需要及时发现问题然后保护装置切除故障元件，处理完故障后才能重新恢复系统运行。

这就需要在能源管理系统中实时监测 PAC3200 或 PAC4200 表的不平衡度，一旦数值超过界限立即报警。



图5　EPS 电源屏



图6　事故性不平衡

2）正常性不平衡（见图7和图8）：单相负荷或单相和三相负荷混用，并且负荷大小不同和用电时间的不同。所以，电网中三相间的不平衡电流是客观存在的，并且这种用电不平衡状况无规律性，也无法事先预知。导致了低压供电系统三相负荷的长期性不平衡。

在三相四线制中，如三相负荷分布不均（相线对中性线），将产生零序电压，使零点移位，一相电压降低，另一相电压升高，增大了电压偏差。同样，线间负荷不平衡，则引起线间电压不平衡，增大了电压偏差，电压的偏差过大可能导致的最常见的事故就是烧毁电器设备。

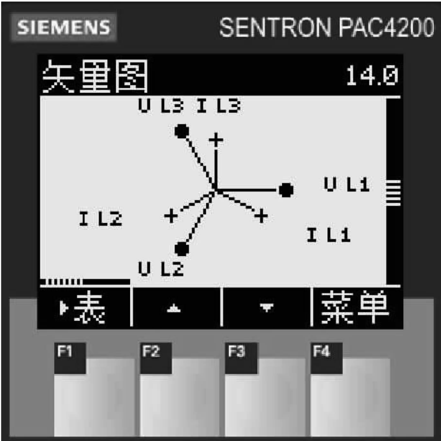


图7　正常性不平衡



图8　正常性不平衡

像这种情况，最好在主进线上通过 PAC4200 电能表来观察矢量图表，从而分析出在哪一相上使用了过多的单相回路，在将来做更改。

（3）无功补偿过补（见图 9 和图 10）

轨道交通工程供电系统一方面需要考虑低压无功电容补偿，另一方面，在电源端又存在无功过补偿的问题。国内某些线路在运营或建设初期系统调试过程中，城市电网的公共供电点出现了无功功率过补偿现象。国内某城市地铁在主变电所设置了电抗器，通过电抗器抵消无功电容，但该电抗器的发热量比较大，所以解决无功电容的效果不是很好。

因而，采取必要的补偿措施时，不能产生过补偿。过补偿的危害往往比欠补偿更严重。补偿容量过大，在变压器空载运行时或者负荷较轻时，会造成过补偿，使功率因数角超前、无功功率向电力系统倒送，将抬升上级配电变压器出口电压，增加有功功率损耗，增加谐波振荡的发生几率以致造成电网伤害。

所以在必要的电容回路可用 PAC 电能表监测其无功功率是感性还是容性，同时可观察反向的无功电能，可知道过补偿达到了多少。



图 9　无功补偿过补



图 10　无功补偿过补

5. 轨道交通能源管理系统使用结果

轨道交通系统在使用了能源管理系统后，系统所监控的数据，对于相应的报警、报表以及趋势曲线所反映的情况认真对待，有效地改善了用电环境。

（1）报警与事件（见图 11）

实时地对关键数据监管，对于超限进行相应的报警。

（2）安全保护并检测回路（见图 12）

对于回路开关的情况实时监控，保证回路用电的安全和稳定。

6. 总结

谐波、三相不平衡以及过补等各种问题都会在不知不觉中显现出来从而造成电网的污染以及电能的损耗。

全、可靠、合理、优化地监管其用电的情况，分析并记录回路故障原因，更多地节省电能损耗。

图 11　报警与事件

图 12　安全保护并检测回路

电能管理系统在配合西门子的 SENTON PAC 系列多功能电能表的使用下，可直接安全、可靠、合理、优化地监管其用电的情况，分析并记录回路故障原因，更多地节省电能损耗。

（作者：西门子（中国）有限公司 低压产品事业部　周衡）

FA07　公租房租赁小区集中抄表管理系统

（CS33　上海金陵智能电表有限公司）

1. 概述

随着上海公租房建设的不断推进，如何实现公租房用户用电管理、集中抄表以及实时计费已成为各有关单位研究的课题，我公司根据公租房物业管理部门的需求情况，推出了公租房租赁小区集中抄表管理系统解决方案，该方案运用先进的 MCU 微电子技术、软件技术、无线通信、载波通信、RS485 通信、局域网等技术，根据各种现场状况，提供多种组网方式，实现实时远程监测用户用电情况，具有远程费控、集中抄表、实时计费等功能。

2. 系统组成

（1）系统图

集中抄表系统由系统主站、通信网络、采集及计量设备所组成，实现数据采集、存储和传输，并对表计和分站终端设备运行工况准确实时监控，用量统计和分析，结算收费、催费，远程控制，为管理单位的 MIS、ERP 系统等其他系统提供准确、完整的用户用电信息数据。系统结构拓扑图如图 1 所示。

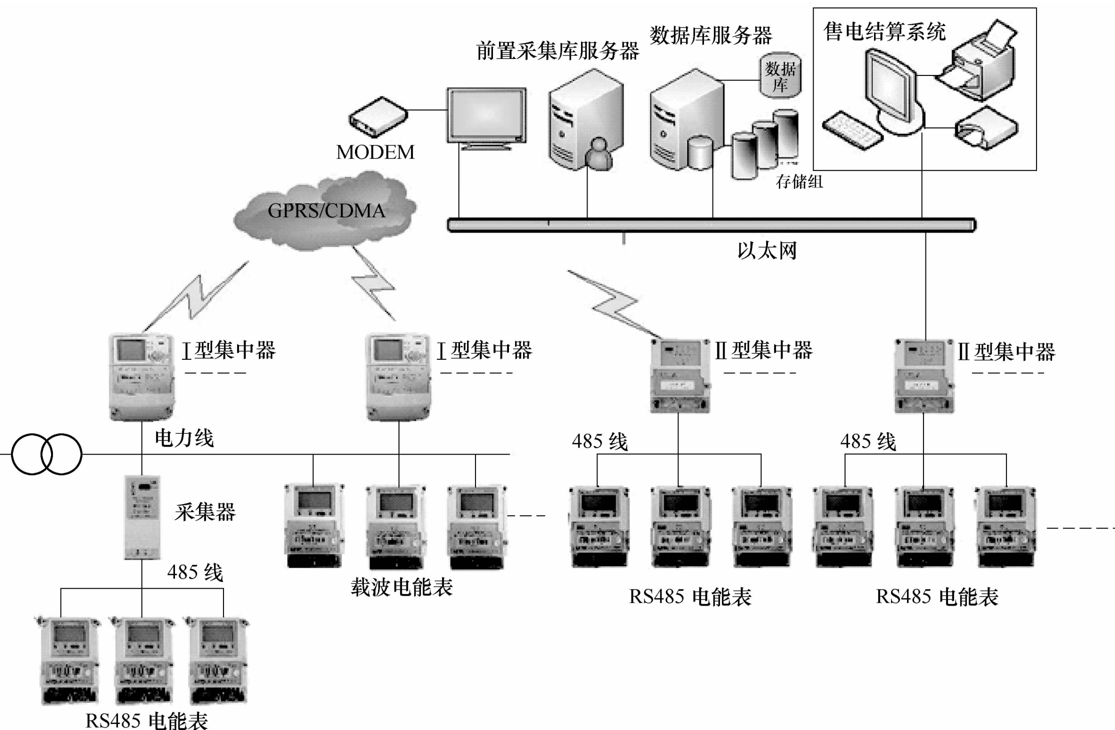


图 1　系统结构拓扑图

（2）系统描述

整体系统由三层设备、二级通信通道和一套集抄系统构成：

1）三层设备：是计量设备、数据采集设备和主站设备。

2）二级信道：是数据采集设备与表计的数据通道（下行信道）和数据采集设备与主站

系统的数据信道（上行信道）。

3）一套系统指的是一体化预付费集抄系统。

（3）系统特点

1）模块化设计理念，B/S 架构，技术运用先进，系统稳定可靠。

2）人性化界面设计，操作简便、易维护。

3）具有远程自动定时抄表、自动补抄、随抄及用电监控功能。

4）系统可提供多种通信方式，支持短信通知通告功能。

5）计费系统业务流程设计严谨、高效、安全。

6）灵活的组网模式：可根据客户需求构建多种组网模式，系统为其他管理系统预留了通信接口，可进行相关数据信息的转发和远传，从而实现资源信息的共享，完成系统间组网。本系统与其他系统的接口方式主要有协议、文件、中间数据库和 Web Service 等方式。对于使用 J2EE 平台的系统间的接口，使用 JMS（Java 消息服务）。

7）扩展性强：可根据需求实现水、电、气三表合一集中抄表和管理。

8）系统安全性防护：主站系统设计中，充分考虑到系统的安全性，防止非授权方的侵入和机密信息的泄漏，系统在通信通道和系统数据两方面都有安全性防护措施。

3. 系统功能

（1）功能图（见图 2）

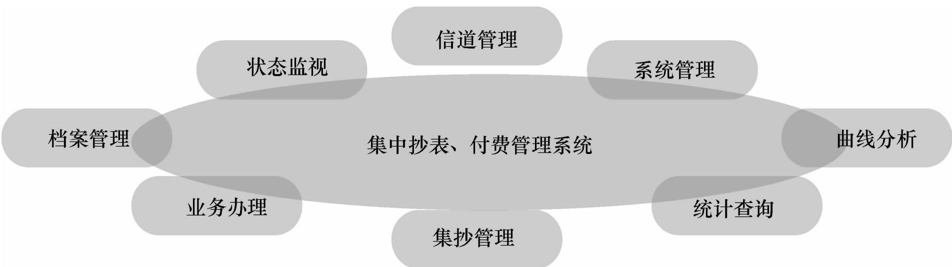


图 2　功能图

（2）功能描述

主站系统通过分析处理采集来的数据，自动生成各种统计分析、交费单据，对欠费用户进行远程断合闸等功能。其管理系统基于 Web 网络系统，授权用户可上网进行日月电量表码查询、表计时间段电量查询、重点用户电量查询、用户电量查询、用户电量对比分析、用户异常分析等工作，用户也可以通过网络、电话查询自己的能源消耗和缴欠费情况，方便管理。

站系统采用多层分布式结构，分别由展现层、业务处理层、通信层以及数据层组成。

展现层：采用 Web 浏览器方式为用户受理各业务提供可交互的界面。用户通过界面操纵各类业务、维护系统和设备。

业务处理层：提供和实现抄表、拉合闸、设备维护、用量计算、费用计算和缴费等各类业务和服务，以及规则处理。

通信层：负责与集中器或其他逻辑节点间的数据和信息交换，提供稳定、可靠的通信链路等。

数据层：数据的存储和一致性维护。

系统的基本功能包括：

1）档案管理：系统对用户档案进行集中管理，管理内容包括档案信息装载、小区管理、用表性质、集中器档案、采集器档案、用户表计档案等。

2）业务办理：业务办理是业务系统的核心功能，主要包括日常交费、换表处理、过户处理、销户销表、平账处理、补打票据、制功能卡等。

3）集抄管理：主站系统根据采集方案自动定时或实时采集集中器内表计的数据，定时采集周期最小为1h；集中器能根据采集方案自动采集电能表数据；采集周期最小为5min；

集抄管理内容包括当前数据查询、日冻结数据查询、月冻结数据查询、终端参数查询、远程费控等。

4）统计查询：系统统计查询内容包括操作员收费台账、收费日月年报表、用户收费明细表、表计返写数据查询、随抄查询、终端在线查询等。

5）曲线分析：系统具备用电曲线分析和用量异常分析功能，利用图形曲线直观展示数据，体现用电、用量的异常情况。

6）系统管理：系统提供对设备现场集中器、采集器的参数、抄表方案等信息进行规范化管理，对系统各种参数进行配置和修改。系统管理内容包括系统参数设置、本地参数设置、表计初始参数、集中器初始参数、前置机档案等。

7）信道管理：系统能方便维护采集终端的信道类型及相关参数、信道质量、通信参数，以及信道的优先级和终端所采用的主站定时采集方案来保证系统自动定时进行通信采集。

8）状态监视：系统对采集的过程及状态进行监视，显示通信报文、运行状态、链路状态，对于通信失败的装置给出详细的记录，并提供完善的通信成功率的分析记录。

9）远程预付费功能图（见图3）：此功能表计上不储存预付费、剩余金额相关信息，拉合闸由主站系统（或终端）来控制。

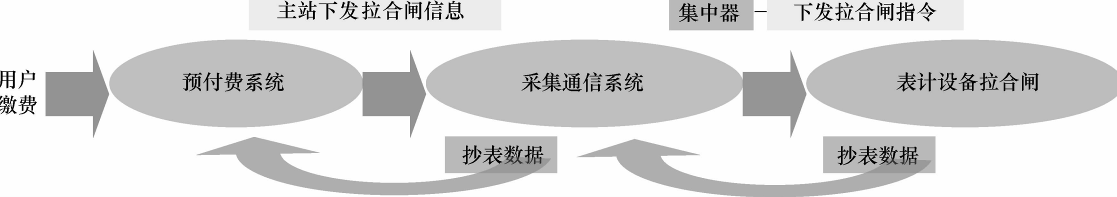


图3　远程预付费功能图

10）本地预付费功能图（见图4）：此功能表计上存储预付费、剩余金额相关信息，拉合闸由表计来控制。

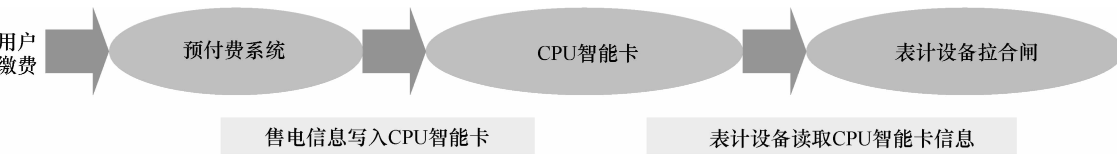


图4　本地预付费功能图

4. 关键设备描述

整体系统的关键设备由计量设备，数据采集设备和主站设备组成。

（1）计量设备

主要功能是对用电量进行准确的计量，对由数据采集设备发起的数据采集命令进行响

应，返回当前用量值，日冻结表码、月冻结表码，具备远程预付费或本地预付费功能。计量设备类型可按照系统构建的要求进行选择，主要产品如图 5 所示。

DDZY501C-Z/J 单相本地费控智能电能表（CPU 智能卡、外置载波/微功率无线通信模块）	DDZY501C 单相本地费控智能电能表（CPU 智能卡、1 路 RS485）	DDZY501-Z/J 单相远程费控智能电能表（外置载波/微功率无线通信模块）	DDZY501 单相远程费控智能电能表（1 路 RS485）

图 5　计量设备

（2）数据采集设备

数据采集设备是指数据集中器、采集器，其主要功能是根据主站的数据要求自动定时对表计数据进行采集、存储，并根据主站要求进行上传。数据采集设备类型可按照系统构建的要求进行选择，主要产品如图 6 所示。

DJGZ23-JL01 Ⅰ型 集中器（上行信道可选配以太网、GSM、GPRS、CDMA、SCDMA、PSTN 等方式，下行信道为 3 路抄表 RS485 口、1 路 USB 口、1 路本地维护 RS232 口、1 路调制式红外口、1 路载波）	DJGL33-JL01 Ⅱ型 集中器（上行信道可选配以太网、GPRS、CDMA、SCDMA、PSTN 等方式，下行信道为 3 路抄表 RS485 口、1 路本地维护 RS485 口、1 路调制式红外口）	DCZL33-JL01 Ⅰ型 采集器（上行信道为载波、下行信道为 1 路抄表 RS485 口，1 路本地维护 RS485 口、1 路调制式红外口）	DCZL13-JL02 Ⅱ型 采集器（上行信道为载波、下行信道为 1 路抄表 RS485 口、1 路调制式红外接口）

图 6　数据采集设备

（3）主站设备

主站软件系统的运行硬件平台，主要包括主站数据库服务器、磁盘阵列、前置采集服务

器、网络打印机、票据打印机、共享控制器（KVM）、鼠标键盘显示器、网络交换机、主站网络等。

1）数据库服务器：

①实时数据统计、分析，根据分析结果形成相应数据；

②接收前置机数据并解析存储；

③动态管理维护系统运行节点；

④接收客户端命令并做相应处理后转发前置机；

⑤计划任务的处理。

2）前置采集服务器：

①接收终端数据调用规约，解析为业务管理模块认知的数据格式，并将数据发送到业务管理模块；

②接收业务管理模块远程操作命令，调用相应规约解析，并下发到采集终端；

③动态管理、维护通道，监测信道运行状况。

5. 通信架构及采用的通信协议

（1）通信架构（见图7）

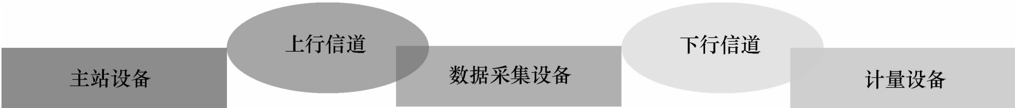


图7　通信架构图

（2）通信协议

上行通信协议：国网 Q/GDW376.1《电力用户用电信息采集系统通信协议：主站与采集终端通信协议》，支持 TCP 与 UDP 两种通信方式；上行信道支持局域网、GSM、GPRS、CDMA、SCDMA、PSTN 等组网方式。

下行通信协议：DL/T645—2007《多功能电能表通信协议》及备案文件；下行信道支持低压载波、微功率无线、RS485、MBUS 等独立组网或混合组网方式。

6. 适用范围

本方案适用于公租房租赁小区以及智能小区、智能楼宇的能耗管理、集中抄表及结算。

7. 实际应用情况

本方案采用成熟的智能化集抄系统技术，类似技术已经过规模化应用。

（作者：上海金陵智能电表有限公司　沈利群）

FA08　基于 Kinetis 微控制器的三相电能表设计方案

（CS15　飞思卡尔半导体（中国）有限公司）

1. 概述

目前，高效能源管理和输配电方面存在各种挑战，而嵌入式控制和集成连接功能将成为

未来智能电网成功的关键，而智能三相电能表是智能电网的终端环节和最重要的基本构建。

飞思卡尔三相电能表方案按照中国电网标准 GB/T 17215.322—2008/IEC 62053-22：2003 设计。方案采用飞思卡尔最新的基于 ARM Cortex-M0 + 内核 44 引脚的 Kinetis M 系列，KM14 作为计量芯片，其基于 ARM Cortex-M0 + 内核 100 引脚的 Kinetis L 系列，KL36 作为系统芯片。该方案可以简化并加速设计者的设计流程，降低研发风险及成本，缩短研发时间，确保客户在此基础上开发出有竞争力的产品。

2. 系统组成

（1）系统图

本设计主要由主控部分、液晶显示模块、电压电流采样模块、参数测量模块、电源模块、通信模块等部分构成。系统以飞思卡尔 KL36 为控制核心，以 KM14 配合高精度、低成本、低功耗计量芯片 KM14 完成电量参数的测量。系统原理框图如图 1 所示。

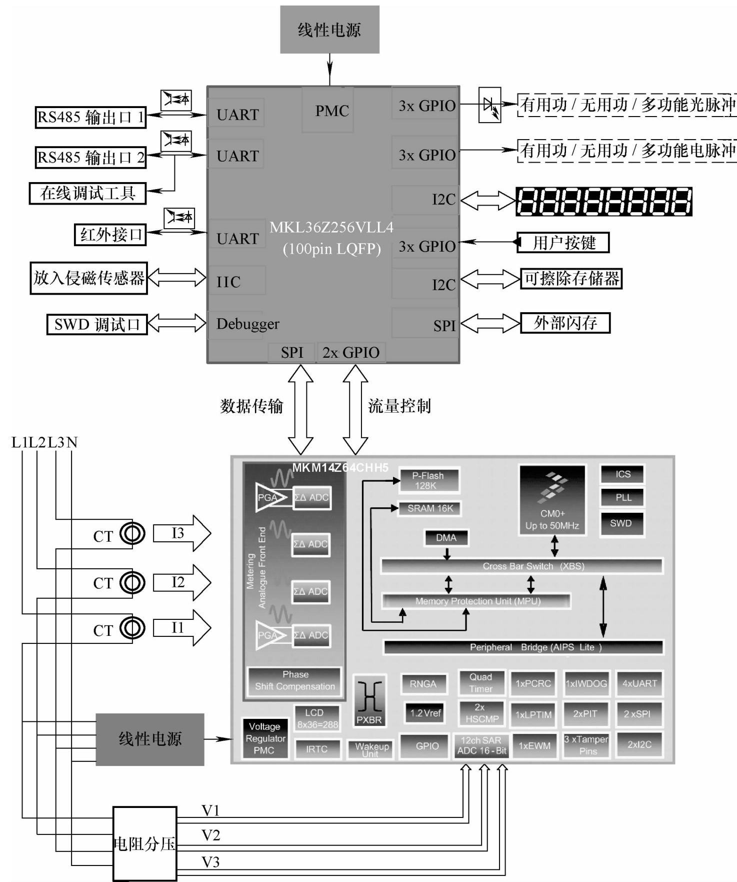


图 1　系统原理框图

（2）系统描述

计量芯片 KM14 基于 ARM Cortex M0 + 内核，主频可达 50 MHz，可以用来做谐波分析和计量。其 SPI 可以与后端主 MCU KL36 进行通信。有 4 路独立的 24 位 ΣΔADC，含有两个可编程序增益放大器，能够满足高准确度计量。该设计之所以能够实现三相计量（如图 1 的下半部分红色线所标识），是因为不但有 4 路独立的 24 位 Σ-ΔADC，还有 16 位 SAR ADC，两者进行相位补偿算法以后，就可以满足三相电能表规范。

4 个 UART 接口可以满足国家电网载波 485、红外和 PLC 的相关要求。该设计不但可以满足国家电网的计量规范，也可以满足国外 IEC 62053-22 和 IEC 62053-23 等计量标准。

低功耗模式，全速情况下可以实现 97μA/MHz，对于停电等情况可以得到很好的支持。

我们知道，电力计量市场对于 ESD 和 EMC 性能要求很高，计量芯片 KM14 可以达到 15 kV 的 ESD、6kV 的 EFT。在整表级，该设计可以做到 15kV 的 ESD 特性。在一些机构（如电科院）的测试中，该设计能够顺利通过电力特性、计量准确度和 RTC 的测试要求。

（3）系统功能特点

根据以上的描述，总结出该系统的特点如下：

1）电压输入范围为 3×(220～380）V；

2）电流输入范围为 5～60A；

3）0.5s 有用功计量准确度；

4）2s 无用功计量准确度；

5）2～31 次谐波分量；

6）±15kV ESD；

7）±6kV EFT；

8）电网频率检测；

9）5ppm（$5\times10^{-4}\%$）准确度 RTC；

10）2 路隔离 RS485 输出；

11）8×32 段码式 LCD 输出；

12）3 路隔离式电脉冲输出；

13）3 路光脉冲输出；

14）多种防篡改保护；

15）多种外部存储器。

3. 系统功能

（1）功能概述

电能表主要功能分为测量、处理和显示三大部分。三相电压、电流信号经电能表采样电路和计量芯片变换成相应的数字信号后，传送给主控制器，并通过程序处理求出各相电压、电流、功率、电量、需量、功率因素等参数，同时识别各相电压、电流有无异常并记录相应的失电压、失电流状态。

（2）功能模块

1）计量单元

本设计采用了 Kinetis M 系列 MCU KM14 作为计量芯片。Kinetis M 系列 MCU 基于低功耗 ARM Cortex-M0+内核，适用于单芯片 1、2 和 3 相电能表和流量计，以及其他高准确度测量应用。Kinetis M 系列 MCU 包括一个由多个 24 位 Σ-ΔADC 组成的强大的模拟前端、多个可编程序增益放大器，还包括低温度漂移的参考电压以及一个相移补偿器。高精确度的内部参考源和可编程增益放大器可以满足全温度范围内的一切计量。丰富的安全特性，包括存储器保护单元、外部篡改检测引脚、带篡改检测的 iRTC 和随机数生成器，在 MCU 内部以及 MCU 与电网间提供供应商/用户数据保护功能。一个低功率段式 LCD 控制器，支持多达 288 段和 8 块背板。

KM14 最大的特点是在满足基本三相电能表功能的基础之上附带了 5ppm（$5\times10^{-4}\%$）

的 RTC，其可以进行自动温补和精确校准。该设计另一个特点是高准确度的计量，可以进行谐波分析，包括每一个谐波分量的计算。内嵌的 32×32 乘法器，可以很好地支持谐波计量算法和复杂电能参数的计量。整个设计能够完全满足国家电能表最高等级电能表的要求。

该电能表的计量部分将传统的 4 种低功耗模式换成了 11 种低功耗模式，可以灵活配置。系统的低功耗得益于 Cortex-M0+内核、飞思卡尔薄膜存储器（TFS）Flash 工艺以及外设的低功耗设计。除了低功耗，该设计有加密和安全模块，符合 AES、ECC 和 RSA 的认证。

2）主控单元

电能表的电源管理、输出显示、按钮输入、时间计算等一系列处理还需要有核心微处理器，出于综合考虑，本设计采用了 Kinetis L 系列 KL36 作为系统控制器。Kinetis L 系列 MCU 集新型 ARM Cortex-M0+处理器的卓越能效和易用性与 Kinetis 32 位 MCU 组合的性能、丰富的外设集、支持功能和可扩展性于一身。有了 Kinetis L 系列，设计者不再因限制功耗的问题而拘泥于 8 位和 16 位 MCU。该系列具有优化的动态和停止电流并提供出色的处理性能，而且还提供多种片上闪存密度以及丰富的模拟模块、连接功能和 HMI 外设。

Kinetis KL3x MCU 系列增加了一个灵活的低功耗段式 LCD 控制器，可支持 376 个段。Kinetis KL3x 系列还兼容 Kinetis K30（ARM Cortex-M4 内核）系列，为迁移到更高性能和实现功能集成提供了解决之道。器件涵盖了从采用 64 LQFP 封装并配备 64 KB 闪存的型号到采用 100 LQFP/121 MAPBGA 封装并配备 256 KB 闪存的型号，结合了超低功耗性能，包含一套丰富的模拟、通信、定时和控制外设。这些特性使 Kinetis KL3x 系列非常适用于需要显示功能的应用，如恒温器、流量计和智能电能表。

Kinetis L 系列 MCU 提供多个低功耗智能外设，即使在 MCU 处于深度休眠模式时也能维持正常功能，因此可实现少消耗多工作。DMA 控制器、计数器、定时器、通信接口、ADC、比较器都能够在不占用 CPU 的情况下做出自己的决策。传统的 MCU 必须激活主时钟和处理器内核才能执行任务，即使是执行琐碎的任务，如发送或接收数据、捕捉或生成波形或模拟信号采样时也是如此。Kinetis L 系列外设不需占用内核或主要系统就能执行这些功能，从而大大降低能耗并延长电池寿命。这也使得其特别适合用于智能电能表这类需要长时间持续使用的仪器中。

此外，在该设计中 KL36 MCU 和片上硬件 RTC 一起只需要一个外置 32 kHz 的晶振就可以驱动，节省了外部元器件。

4. 软件设计

该设计的软件开发并不是从零开始，可以采用飞思卡尔的应用架构、基于滤波器的计量算法（如希尔波特滤波器）和 FFT 计量算法。其中，基于 FFT 的谐波分析算法在 64 点的 FFT 时，可以支持 32 次谐波。飞思卡尔提供的算法库用来帮助精确计算有功、无功、总功率等。

本设计用到的其他软件库如下：

1）ZCD：零交叉检测，用于计算电源线频率。

2）ADC 采样：AFE（SD ADC）用于采样电流，SAR ADC 用于采样电压，补偿技术可确保电压和电流同时采样。

3）RTC 补偿库：RTC 输出准确度在整个温度范围内均达到 ±5ppm（$5\times10^{-4}\%$）。

4）计量表与控制 MCU 之间的 SPI：按下按钮之类的信息，KM14 通知 KL36 电能信息，KL36 可能反馈有用信息。

5）段式 LCD 显示：显示有功功率和无功功率值。

5. 通信协议

三相电能表数据通信接口是为配合电力系统实现用电管理现代化而设计的。从前文中，我们可以知道本设计有两路隔离 RS485 输出。

RS485 采用差分信号负逻辑，－2～－6V 表示“0”，＋2～＋6V 表示“1”。RS485 有两线制和四线制两种接线，现在多采用的是两线制接线方式，这种接线方式为总线式拓扑结构，在同一总线上最多可以挂接 32 个节点。在 RS485 通信网络中一般采用的是主从通信方式，即一个主机带多个从机。在使用 RS485 接口时，对于特定的传输线路，从 RS485 接口到负荷其数据信号传输所允许的最大电缆长度与信号传输的波特率成反比，这个长度数据主要是受信号失真及噪声等因素所影响。理论上，通信速率在 100kbit/s 及以下时，RS485 的最长传输距离可达 1 200m。

6. 仿真实验

该设计的目的就是在保持低功耗的同时达到高准确度，仿真测试结果表明，该设计具有优良的测量准确度，并且保持低功耗，如图 2 所示。

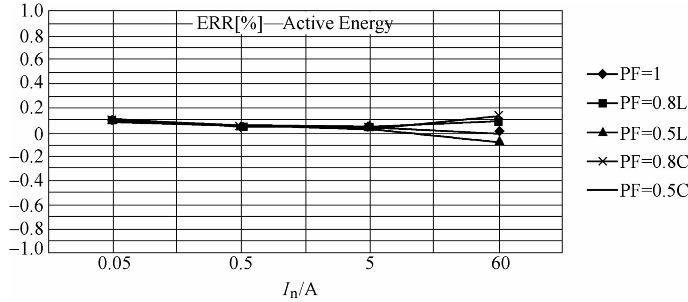


图 2　测量仿真图

按照图 1 的原理图设计后的最终产品如图 3 所示，从图中可以看出，该设计体积紧凑，符合国际要求。

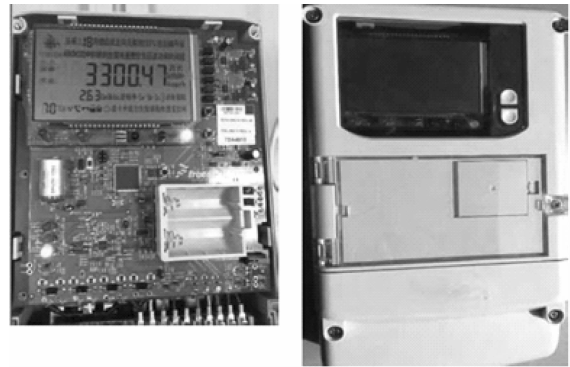


图 3　三相电能表实物图

7. 适用范围

智能三相电能表是实施智能电网的重要组成部分，该三相电能表可以用于家庭和商业计量应用，其可以测量有功能量、无功能量和视在能量，并具有闪存升级、数据连接和安全功能（包括篡改检测）。

（作者：飞思卡尔半导体 MCU 应用方案部 高级系统工程师　施长浩）

2.3　设备监控系统

FA09　基于 NI CompactRIO 的电力设备在线状态监测与故障诊断方案

（CS25　美国国家仪器有限公司）

1. 概述

长期以来，我国电力系统对电力设备主要采取的是“定期检测，定期维修”的检修策略，即根据计划的时间周期对设备进行检测和维护，该检修方式存在检修过度和检修不足的弊端。虽然它对发现设备缺陷、减少事故、确保安全等方面的确发挥了不可替代的作用，但是随着电力系统规模的迅速扩展，这种检修策略已不能适应工程应用的需求，而且维修质量难以保证。随着在线状态监测技术不断发展以及在线监测技术近年来在我国电力系统的成功应用，状态检修代替定期检修已经被电力行业所认可，成为设备检修的必然趋势。

国家电网公司早已明确提出，从 2010 年起开始全面推广实施设备状态检修，全面提升设备智能化水平，推广应用智能设备和技术，实现电网安全在线预警和设备智能化监控。因此，对电力设备进行必要监测，保证其稳定运行，对电力系统运行的可靠性、安全性具有重要意义。

电力设备在线监测技术是指直接安装在电力设备上，可实时记录表征设备运行状态特征量的测量和诊断系统及技术。在线监测系统一般由先进的传感器技术、计算机与信息处理技术、通信系统、专家分析系统及较为完备的系统数据信息库组成。电力设备状态监测的主要优势为

1）通过状态监测，保证机器长时间稳定运行，可以增加客户的信任，同时提高产量；

2）通过状态监测，使设备长时间在高性能的状态下运行，可以减少废料和原材料的使用，从而提高产品质量；

3）减少维修时间和备件，从而降低成本；

4）优化设备性能，保证生产；

5）防止灾难性故障，更加安全。

2. NI 电力设备在线智能监测软硬件平台

NI 作为测试、测量和自动化领域的技术领导者，为现代电网的测试、测量和控制提供了最先进的技术。借助于将图形化编程软件、模块化和开放式硬件集为一体的图形化系统设计方法，NI 为当前电力设备状态监测与故障诊断提供了灵活、高效的解决方案。图形化系统设计方法为工程师提供了一个将软硬件结合在一起的统一平台，模块化硬件可快速连接用于电力设备在线监测和带电检测领域各种各样的传感器，大大简化测量和控制系统的开发过程。同时，具有行业标准的专业分析算法和软件，如用于预诊和健康管理的预诊工具包，可以帮助实现特征提取、主成分分析以及模式匹配，从而检测和预测从关键设备到电网等各种对象的故障。借助图形化显示，用户可轻松地将预测结果以及待测资产的分析信息传递给客户，并实现远程监测和控制。

NI 为工业与嵌入式控制应用提供了模块化、开放式的嵌入式测控平台——NI CompactRIO，为嵌入式监测与控制应用提供所需的高性能与高可靠性以及自定制的灵活性，同时也是电力设备在线监测的理想选择。NI CompactRIO 如图 1 所示，外形小巧而坚固，满足苛刻

的工业级指标，具有宽温（-40~70°C）和抗冲击（50g）等特性，特别适用于复杂工业现场环境中对可靠性有严格要求的应用等。



图1　NI CompactRIO 嵌入式控制与监测平台

CompactRIO 系统由控制器、机箱（内嵌 FPGA 芯片）和 I/O 模块三部分组成。CompactRIO 内嵌嵌入式实时处理器和 FPGA 芯片，支持上百种可热插拔的 I/O 模块，模块中内置信号调理功能和数模转换电路，可直接连接电压、电流、电荷、ICP 接口、电桥以及 TEDS 传感器。基于这种构架可以轻松实现分布式智能应用，并且能够进一步支持自定义协议与接口。用户可根据传感器需要选择相应的采集模块实现数据采集和记录功能。此外 CompactRIO 实时控制器中配置了千兆以太网接口，可多台 CompactRIO 组网拓展同步测试通道数，或构建分布式测试系统。

目前，CompactRIO 已广泛应用于能源电力领域的各种监测与控制应用，如发电机组状态监测、智能变电站监测、电能质量监测与控制、局放检测、电力电子控制与仿真、微网控制系统等。下面，结合 NI CompactRIO 在发电、输电、变电等领域针对电力设备的在线监测应用进行详细的分析和举例。

（1）分布式太阳能发电站现场监测系统

1）应用挑战：太阳能发电站通常建造在日照充足的高原地区，如我国青海、西藏等地，最高海拔可达 5000m 以上，最低气压仅为 0.5 标准大气压，且温差较大（现场温度 -30~60°C），对测试设备的耐高海拔、低气压、宽温等性能提出了较高要求。此外，大型太阳能发电站由多个光伏型发电组件（光伏板）和汇流箱组成，汇流箱把相邻几个发电组件的直流电流汇总后输入逆变器，汇流箱之间距离较远，为 30m 至数百米，因此需为每个汇流箱配备一台测试设备，多台设备组成局域网，构建分布式测试系统，由中央监控室的 PC 上位机统一读取数据和发布指令。此外，测试设备一旦部署发电站现场，由于发电站现场气候和海拔等原因，测试设备一般不会留专人维护，而采用远程数据监控和管理，因而对测试设备长时间无故障连续工作的性能提出了较高要求。发电站现场大功率逆变器（几千瓦至几兆瓦）会产生较强的电磁辐射，测试设备需要具备很好的抗电磁干扰能力。

综合上述描述，太阳能发电站现场测试设备需要具备以下特点：

①适应高海拔、低气压、大温差的工作环境；

②具备长时间 7/24h 不间断工作无故障性能；

③可基于网络组网，构建分布式测试系统，并且可根据需求灵活增减测试站点；

④网络传输稳定，具备断网重连，数据缓存重发机制，确保数据的完整性；

⑤具备较高的抗电磁辐射能力。

2）系统实现：为了满足以上应用需求，该监测系统需要能够实时监测太阳能发电站中的分布式汇流箱，同时对于中央监控室的直流控制柜（直控柜），以及其他环境参数，如日照总辐照度、日照直射辐射度、温度、湿度、风速、风向等进行实时监测。图 2 为系统的硬件架构。

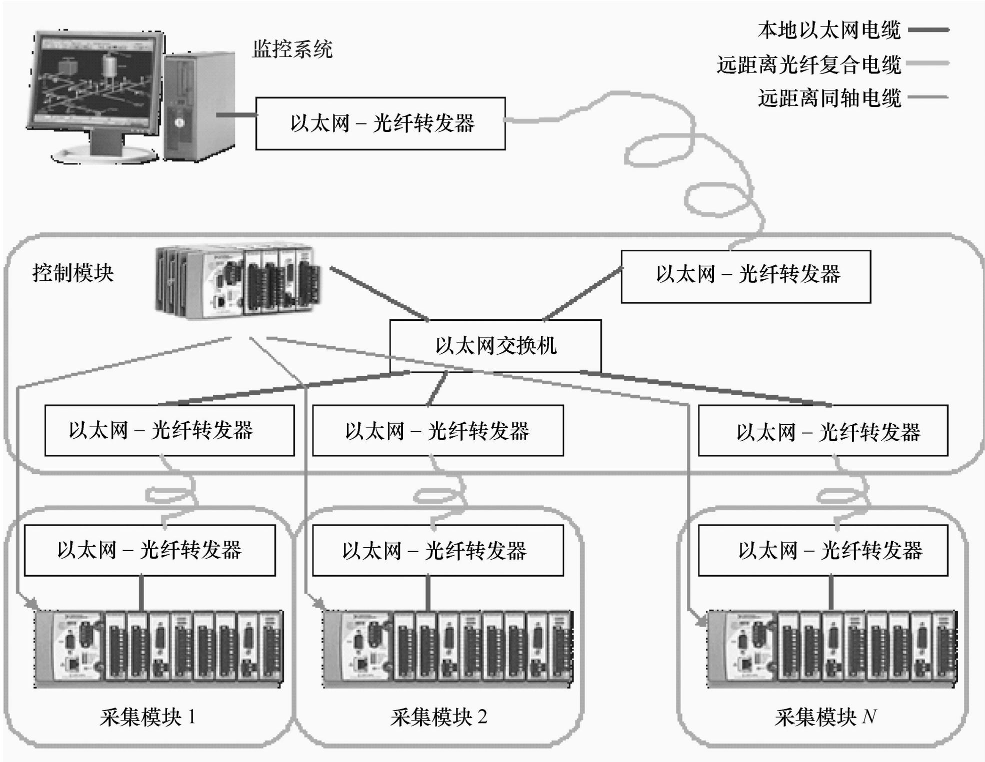


图 2　分布式太阳能发电站现场监测系统硬件架构

3）软件构架：系统软件设计包括 CompactRIO 采集软件、PC 人机界面和后台 SQL 数据库三部分，可实现高通道数的分项数据采集和低通滤波、TCP 发送、断网数据缓存和重连重发等功能（见图 3）。

上位机通过 TCP/IP 向各采集终端 CompactRIO 发送控制指令，并接收各采集终端 CompactRIO 的数据，实现了以下功能：

①显示各 CompactRIO 主机 CPU 占用率及硬盘空间；

②设定数据存储模式，控制数据采集开始或停止，显示数据采集进度；

③概览功能页面监测各采集终端所有通道信号（包括物理通道和虚拟通道）的瞬时值、最大值、最小值、平均值及 RMS 值等统计值；

④实时监测功能页面对指定通道进行数据实时时域显示和频域分析，有单波形窗口视图、上下双波形窗口视图及上下左右四波形窗口视图等选择；

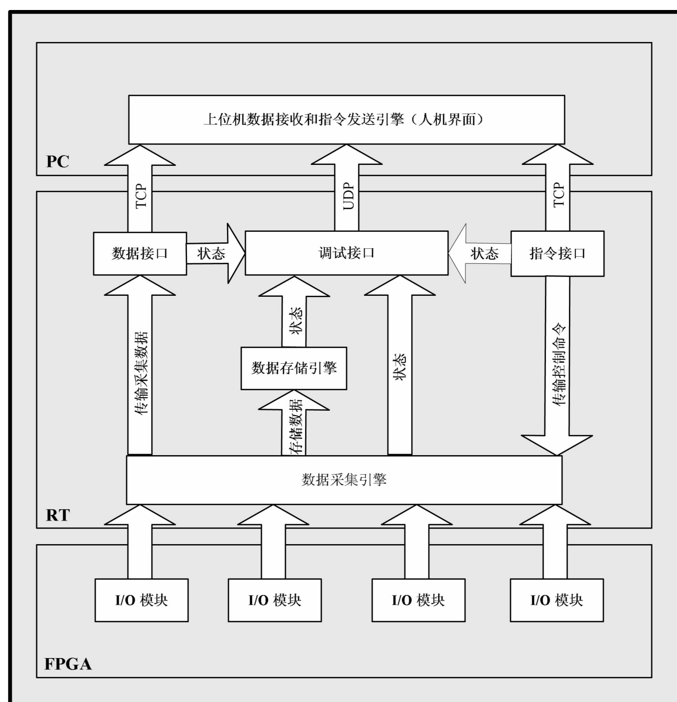


图 3　CompactRIO 数据采集软件结构

⑤数据存储及回放，离线分析。

此外，基于 LabVIEW 数据库工具包，与微软 SQL 数据库进行交互，将采集数据分析汇总后逐项写入 SQL 数据库对应表中，各离线分析软件从 SQL 数据表中取数进行模型分析和验证。

目前，基于 CompactRIO 的太阳能发电站分布式测试系统已经应用到浙江、青海、西藏等太阳能电站中。NI CompactRIO 除了应用在太阳能发电站监测领域外，在其他状态监测领域，如风力发电机状态监测、核反应堆在线监测、汽轮机/水轮机/发电机在线监测等，都已经有着成功应用。

（2）变压器直流偏磁监测系统

1）应用挑战：变压器对于一个变电站来说至关重要，是变电站中的主要组成部分，是核心部件，每个变电站中变压器的正常运行就显得至关重要。变压器直流监测系统结构（见图 4）主要由五部分组成：①变压器中性点霍尔电流传感器（CT）和振动传感器；②实时采集设备，实时采集 CT 和振动传感器监测到的信号，并进行相应的算法；③无线通信设备，将实时采集设备与控制器的监测 PC 相连；④控制室的监测 PC 可以通过无线通信接收实时采集设备监测到的数据，并可改变采集的参数；⑤各变电站的监测 PC 通过市公司在变电站中铺设的光纤网进行数据传输和汇总，在远程状态监测中心（如电科院）可以查看监测的各个变电站直流偏磁情况，并可对监测设备进行控制。

该监测系统在保留了当下直流监测系统优点的同时，还考虑了直流偏磁对变压器影响，即增加了振动的监测，通过同时监测主变中性点直流电流和变压器的振动，实时掌握变压器发生直流偏磁的情况。但是电流检测的难点在于：测量的电流范围大，而且要保证整个测量范围内的相对准确度，需要多个量程霍尔电流传感器配合检测。加速度检测的难点在于：加速度传感器采用压电式的 IEPE 传感器，采集卡需要提供恒流源激励；要求可扩展到多个加

速度传感器测量点，采样端口多，最多达到24个；采样速率要求高，需达到50kHz及以上；采样的数据量大，通信的信息量大；所采集的数据存储也较为困难，为了方便查询，数据存储的格式需要特别设计。

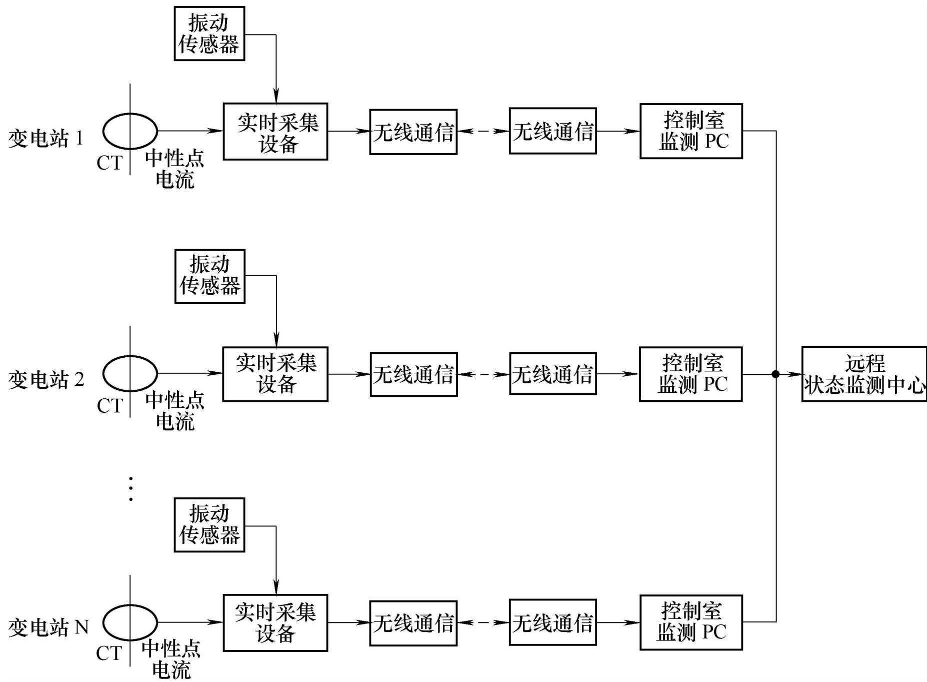


图4　变压器直流偏磁监测系统结构示意图

2）系统实现：为了满足以上挑战，系统采用NI CompactRIO能够构建一整套全自动、高准确度、实时的变压器监测系统，并且能实时显示主变中性点直流电流流幅值和极性，及振动的幅值变化，清晰地显示各变电站主变中性点直流电流的分布规律及与振动大小的关系，为判断变压器直流偏磁的程度提供依据。考虑到监测系统需要匹配的PC界面，因此可以基于LabVIEW的图形化开发平台，可直接使用该软件开发PC界面，将数据通过光纤以太网传输到监测台PC。该监测系统的核心在于将众多IEPE采集卡端口与电流采集端口集成到一个平台，对这些信号进行分析和处理，IEPE采集卡端口可根据测试点的数量选择。系统的硬件架构如图5所示。

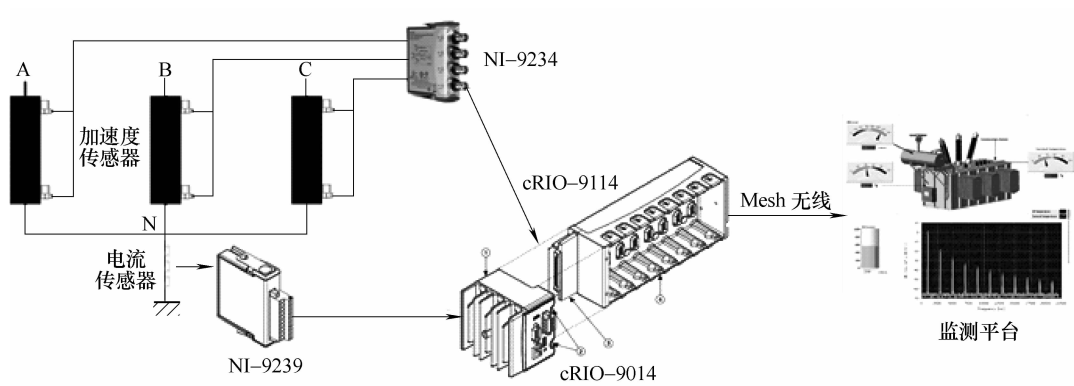


图5　可扩展8个采集卡的监测系统

图 6 所示为整体测试结构图，测试对象选择调压器，三维加速度传感器通过磁铁底座吸附在调压器的侧壁，传感器信号线连接到采集卡，采集卡通过 FPGA 对数据进行缓存后传输到控制器中处理，通过 FFT、功率谱等算法后将结果通过以太网传输到上位机，在用户界面中显示出来。



图 6　整体测试结构图

控制室中的监测 PC 存储现场监测到的数据及实时控制器处理后的结果，监测 PC 放置在控制室中，要求界面友好、易理解，采用 B/S 结构，便于远程的查看和控制。控制室监测 PC 的软件设计还要求可显示当前的实时数据，并可设定各种程度的警报，便于提醒值班人员；可查看历史监测数据，便于以后的研究工作，且出现故障时，根据上述的数据存储设计，查看历史数据应根据特征值来选择相应时刻的历史数据，查看的数据具有针对性；可对监测过程的采集参数进行设定，如间隔周期、采样率、采样点数、频率分析的长度等。图 7 所示为变压器直流偏磁监测系统的主界面。主界面中可以清晰查看每个加速度传感器和霍尔电流传感器的工作状态，并用 LED 指示上位机服务器（监测 PC）与现场监测设备的通信状态。对于本次检测关注的重点：中性点直流电流和加速度频域幅值，都在主界面中显示出来，并且分析了加速度幅值最大值，并显示最大值处的频率。直流电流和加速度频域幅值都分别设定了报警门限值，显示清晰明了。

NI CompactRIO 系统和 LabVIEW 开发环境无缝连接能够帮助用户轻松的通过图形化开发环境访问底层硬件，快速建立嵌入式系统控制和数据采集应用，大大降低了系统开发、生产的技术风险。LabVIEW 强大的数据采集和信号处理功能极大地节省了采集终端软件的开发时间，在 LabVIEW RT 和 LabVIEW FPGA 模块的配合下使得采集终端能够实时高质量地完成数据采集、信号处理、数据传输和数据存储的工作，为变压器以及整个变电站的安全监测提供灵活、强大的技术支撑。同时，恶劣的现场监测环境以及变电站中的各种电、磁环境干扰，对 NI CompactRIO 系统的环境适应性也提出了极高的要求。事实证明，NI CompactRIO 系统设计精巧而坚固，满足苛刻的工业级指标，完全适用于对可靠性有严格要求的复杂恶劣环境中应用。

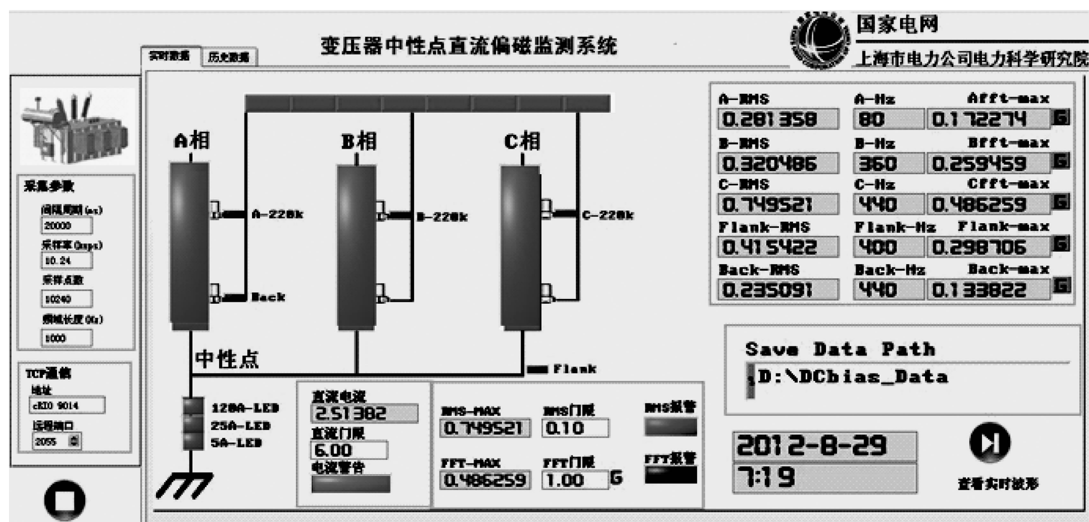


图 7　变压器直流偏磁监测系统的主界面

目前，国网上海电科院已在国内首次将 LabVIEW 和 NI CompactRIO 引入到变压器的直流偏磁监测分析中应用，结合先进的数据处理和信号分析技术，为大型变压器的直流偏磁监测与分析提供了一套有关数据采集、传输、处理、存储、控制的完备而系统的方案，在变压器直流偏磁监测的若干问题研究中取得的一些创新性成果，对特高压直流输电的发展有着重要的意义。

3. 总结

NI CompactRIO 通过结合 LabVIEW 图形化系统设计方法，为电力系统在线监测领域带来新技术与革新，并且产生了很好的实际效果与应用价值。NI 为客户提供模块化、灵活的高性能硬件平台和支持高级处理、可自定制的软件平台，符合国际标准、协议和参数需求，且支持行业最新的标准与规范，目前已被广泛用于智能电网和新能源领域核心关键设备的设计、研发以及现场应用，为数字化变电站、分布式电源接入、智能用电和电力电子等领域提供技术基础，同时也为电力和新能源领域中的检定、计量与测试提供了灵活高效的解决方案。

（作者：美国国家仪器技术市场工程师　崔鹏）

FA10　扬水泵站综合自动化系统

（CS43　深圳市中电电力技术有限公司）

1. 概述

扬水泵站一般为梯级泵站，无调蓄水池，级间配合要求高，当后级泵站出现故障或事故时，前级泵站如果不迅速作出反应，停泵或采取其他措施，渠道内的水将会外溢造成水毁事故，随着工程供水要求的提高，其规模庞大的泵站群使运行管理变得非常繁杂，管理成本、运行成本日趋高昂。传统上的扬水项目，原系统设计、基础建设的标准都控制在相对较低的

水准，基本没有考虑综合自动化系统的建设内容。

随着当今计算机控制技术、光通信技术、计算机网络系统、远程图像传输技术等新技术的长足发展，工程设计标准、设备制造水平都有很大程度提高，建立一个基于网络数据交换、信息共享、计算机数字控制的微机保护、安全监视和以开关操作、生产工艺过程控制、数据存储和处理等为基础的先进、可靠、经济、实用的调度自动化系统已完全可行并且势在必行。

2. 综合自动化系统要求

综合自动化控制系统主要的设备包括：微机保护装置、微机型免维护电池直流屏、出水液控阀为 PLC 可控液控阀、全微机型励磁装置、压力传感器、温度监控屏、电磁流量计以及明渠流量计等。

综合自动化控制系统，作为一套站级及全网管理的信息化系统，其功能按管理设备的对象，主要涵盖了如下内容：

（1）与各微机保护测控装置进行信息交互

综合自动化控制系统与微机装置进行数据通信，及开关量、模拟量接入，主要功能如下：

1）测控数据的采集；

2）保护信息采集；

3）事件报告；

4）遥控、遥信、测量功能；

5）电能量采用智能电能表采集。

（2）对机组配套设备进行测控

1）出水液控阀门：各机组出水阀门及与水泵的联动流程控制由出水液控缓闭阀的可编程序控制器（PLC）完成。PLC 通过以太网或者 RS485 通信接口将开关量、模拟量连接至综合自动化控制系统中，监控主机可对阀门的数据进行采集及通过远程来控制阀门。阀门与电动机（水泵）之间通过接线的方式做相互之间的互锁及联跳。

2）进水阀门状态：综合自控系统在各机组进水阀门上安装行程开关或其他监测设备，采集各机组进水阀门的开合状态，并能够在上位软件系统中进行展示。

3）压力传感器：每台机组出口设置一台压力传感器（2 线制仪表，带现地显示，输出 4 ~20mA 模拟量），模拟量接入机组 LCU 的模拟量输入端子，通过上位软件能够即时显示机组出水压力。

4）温度传感器：每台机组需埋设温度传感器，以采集机组、水泵轴承、定子绕组温度。传感器线缆接入到控制室温度显示屏温度巡检仪上，温度巡检装置具有 RS485 通信接口，能够与综合自控系统进行通信，同时温度巡检仪可设定温度告警上限，发生温度告警时能够通过开关量输出，输出到 LCU 屏内由 PLC 系统进行处理，温度信息由上位系统进行即时显示。

5）电动机冷却风机：风机的信号通过接线的方式连接到公用 PLC 上，监控主机通过读取 PLC 上的数据将风机信号上传到后台机。

6）真空泵软起动控制

（3）机组 LCU 测控

每站按主接线分段装设机组 LCU 测控屏，完成全站的机组开关量输入、输出及工艺联动信号输出，包括：

1）电动机及水泵的温度检测及越限报警、跳闸输出；

2）电动机及水泵的工艺联动信号开入、开出；

3）机组 LCU 屏通过以太网交换机或 RS485 通信方式与调度中心服务器、站控级计算机设备通信。

（4）公用 LCU 测控

每站装设一套公用 LCU 测控屏，完成全站的开关量输入、水位信号输入及工艺联动信号输出，包括：

1）线路隔离开关主刀、地刀位置的采集；

2）母线设备间隔隔离开关主刀、地刀位置的采集，母线电压的采集及部分信号开入；

3）母线电压的采集及部分信号开入；

4）事故排水泵控制及部分信号开入；

5）前池水位采集、拦污栅水位采集及部分信号开入；

6）厂房内风机、深井泵的控制信号开入、开出；

7）进水闸门的控制信号开入、开出；

8）公用 LCU 屏通过以太网交换机与调度中心服务器、站控级计算机设备通信。

（5）智能电磁流量计

智能电磁流量计为流量测量、信号变送、就地显示分体式结构，具备 RS485 通信接口，通过 RS485 通信接口接至本站串口服务器，通过以太网交换机与调度中心服务器、站控级计算机设备通信。

（6）直流屏状态采集

直流屏具备 RS485 通信接口，通过 RS485 通信接口接至本站综合自动化控制系统，通过上位软件进行直流屏状态信息的显示，并通过以太网交换机与调度中心进行数据通信。

（7）励磁屏状态采集

励磁装置具备 RS485 通信接口，通过 RS485 通信接口与综合自动化系统进行通信，同时通过以太网交换机与调度中心设备进行通信。

（8）遥视系统

配置一台视频服务器，视频服务器具有网络接口，能够通过交换机连接到调度中心网络，实现在各泵站及调度中心的视频监控。

（9）站控级计算机设备功能

站控级计算机设备由两台工业控制计算机及配套的显示器、打印机、网络交换机、UPS 电源等构成。站控级计算机设备作为控制网络的一个节点（工作站），实现对全站运行设备的监视、控制、报警、有关数据的制表打印、全站数据计算、存贮以及与调度的通信等功能，同时兼作遥视系统监控工作站，完成对泵站内各前端现场图像的接收、实时监控及录像资料的存储、检索、回放、备份、恢复等功能。

当远方调度工作站故障脱机时，站控级计算机设备可独立地对该泵站所属设备进行完整的控制与操作。

站级计算机监控层根据各单元控制级及调度传送的数据进行处理，由运行人员通过画面显示和键盘操作或自动功能程序实现对全站设备的监视和控制。

（10）其他功能

1）在线维护功能；

2）各种类型的画面报表在线编辑功能；

3）数据的画面报表在线编辑功能；

4）数据库部分内容在线修改功能；
5）部分运行参数及限额在线设置、状态修改功能；
6）就地主站应具备 GPS 对时功能；
7）能满足远方保护定值修改及保护投退功能。

3. 自控系统通信方式

（1）站级控制系统与调度端通信

站级控制系统与调度端的通信通过 TCP/IP 方式完成。

系统正常运行时，全站信号量、测量值等实时工况及运行参数均由站级控制系统转发至调度中心服务器，站级控制系统接受并记录各种调度中心调度员工作站发出的本站设备调节及控制命令信息；当站级控制系统工作站故障离线时，以上信息由调度中心服务器直接从本站通信服务器取得。

传输量应能满足本站无人值班的要求。通信规约由调度端提供。通信通道按两个 SDH E1 信道设计，并能完成自动热备切换。

（2）本站内部通信网络

监控系统内部由总线网连接的设备，采用通信服务器汇集和转发，完成实时数据采集、操作控制命令传送、通信诊断等功能。

本站内部通信网络包括：变电所主变保护装置通信网络、变电所主变测控装置通信网络、站内保护测控装置通信网络、同步电动机励磁屏通信网络、温度巡检仪通信网络、蝶阀 PLC 装置通信网络、机组 LCU 装置通信网络、公用 LCU 装置通信网络、流量计通信网络和直流屏的通信网络等。

各通信链路均通过通信服务器、以太网交换机汇总后以以太网方式与本站工业控制计算机和调度中心服务器进行通信。

4. 自控系统

（1）自控系统组成

1）站内高压设备及线路、厂变等微机保护装置接入；
2）站内电量计量装置接入；
3）电磁流量测量系统；每机组管道上各安装一套电磁流量计；
4）出水管道压力测量；泵前池水位及拦污栅监测；集水井排污泵测控；
5）水塔水位测量装置；
6）供水泵软起动器装置；
7）清污机控制系统；
8）视频监控系统；
9）现地控制单元 LCU；
10）后台机系统。

（2）泵站网络拓扑及系统结构（见图 1）

泵站由站级计算机及数字通信网络系统，与分布式的电气、水测仪表，视频等智能终端设备组成。结合上级水调中心的自动化过程监控条件，最终形成：遥信、遥测、遥控、遥视的“四遥”水平，达到无人值班运行方式的基本条件；同时设计过程满足在线设备的自动/手动，远动/就地操作功能。二面 LCU 控制屏，分别为机组 LCU 及公用 LCU。系统从网络结构分为站级层及现地控制层。

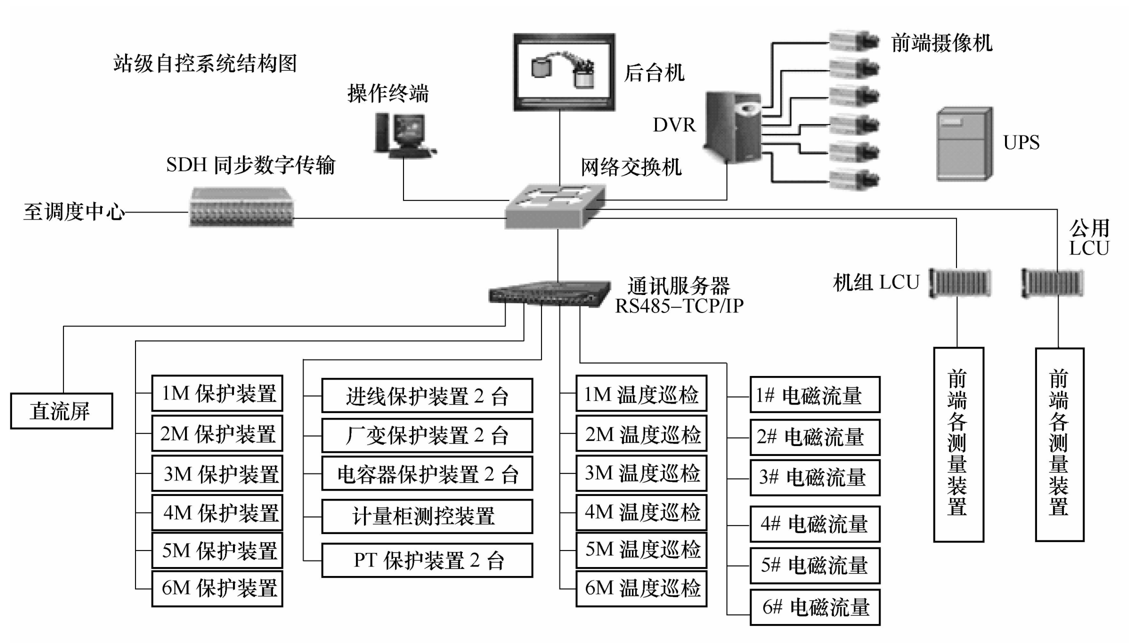


图 1　泵站网络拓扑及系统结构图

1）站级层：系统主要以上层网络的监控主机为核心，负责各类数据的采集、分析、处理、命令的发布、数据库的建立及管理、并提供用户各类人机界面、数据报表。采用工业控制计算机，以 WINDOWS 为操作系统平台，主要完成下列功能：

①过管理机完成对各单元装置的实时数据采集，并对其完成处理和管理；

②完成变电站运行情况的检测、事故记录、历史数据保存、画面显示、报表打印功能；

③提供全部的监视、操作界面；

④实现对泵站的管理功能；

⑤远端监控，在调度中心中控室内通过组态软件与后台系统的网络连接提取监控数据。

2）现场控制层：以开关柜和间隔为对象，按回路功能要求配置保护及监控装置，实现对变压器、进线的保护和控制。

以水泵机组单元与水工设备系统的水测仪表、测温仪表等信息采集，应用高端的可编程序控制器（PLC）实现数据处理、上传和信息交换及实现电量保护功能要求。

（3）后台监控

后台微机监控系统是基于 Microsoft Windows 的集成化保护监控系统，以数据通信的方式与电动机微机保护装置、电源微机保护装置、温度巡检仪，电磁流量计等设备相连接。后台微机监控系统集数据采集，数据存储，通信转发等关键任务于一体，支持遥测、遥信、遥控、遥调、事件记录、保护定值整定、保护功能投退、设备参数配置、实时分析、故障分析、告警管理等各种功能，可灵活设定控制流程中的各种模拟量、开关量、电能量、保护定值、保护投退等各种参数，是综合自动化系统的应用级服务器。

后台微机监控系统可具备以下功能：

1）可以显示工艺流程中各设备的示意图，可以显示电气主接线图，可利用不同颜色显示各类设备运行状态及运行参数。在现场监控数据超越限值时产生报警信号，及时提醒工作人员处理和调整。

2）可以将所有的采集数据以物理量表格的形式显示，并可以将超过设定值的数值利用颜色、闪烁、声音报警，提醒工作人员及时处理和调整。

3）实时趋势图：采集实时数据，可用实时曲线显示所有参数的变化趋势。

4）历史趋势图：记录历史数据，可随时显示被采集参数在任意历史时间段的变化值与变化趋势以便查询。

5）成组画面显示：将相关画面及相关的参数组合显示，以方便地分析、比较、判断运行状况。

6）操作日志和系统运行日志：记录操作人员的各种重要操作内容、操作时间和系统运行的状况。

7）各种报表：实现班报表、日报表、月报表的定时生成和存储。

8）历史事件追忆功能：将系统运行中发生的历史事件的时间、位置、事件发生前后有关参数的变化及相关因素做详细记录，判断分析事故发生的原因和变化情况。

9）在系统运行中的安全保护功能：在自动控制操作中，规定上岗操作员的操作权限范围，使用口令、密码、工号等，必须准确输入才能进入系统，任何非法操作拒绝进入，达到保证操作安全的功能。具有操作记录。对操作人员的操作，系统按时间在运行日志上给予记录并存入日志中，可以随时打印输出，并操作记录不能进行修改。

10）后台微机监控系统为远程诊断，远程系统维护提供了可靠的手段。为了适应电力系统集成设备多，扩建组建频繁等特点，从设计到具体编程，全部采用面向对象方法，融合了最新的计算机软件编程技术，加快了应用开发的速度，减少了开发成本，降低了项目实施和运行维护的费用，真正做到“人与设备的有机结合”。

11）操作票功能：能实现自动生成各种操作票，并打印。

（4）视频监控系统（见图2）

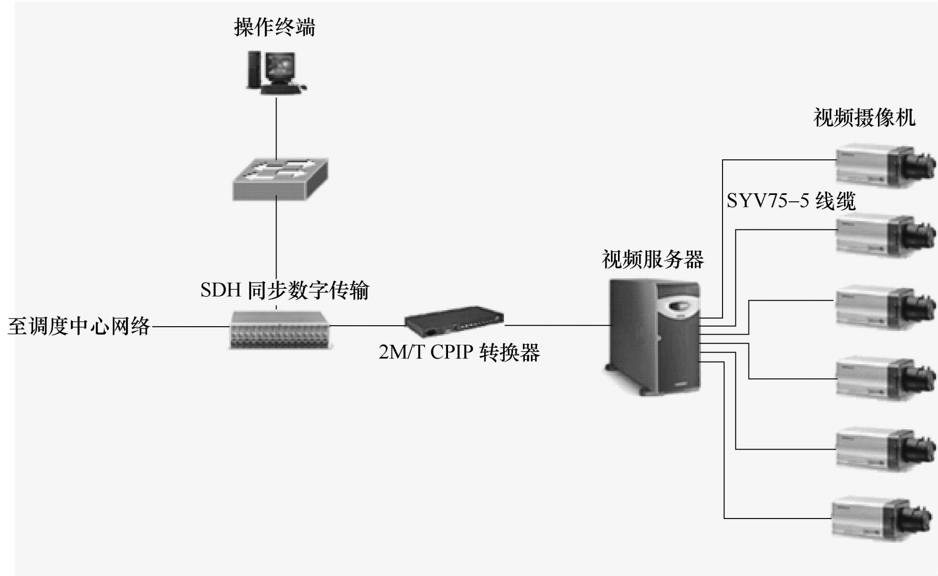


图2　视频监控系统示意图

综合自动化系统可在各个泵站配备遥视系统，并在管理处总调度中心设立遥视系统监控工作站、在各泵站控制室利用综合自动化监控计算机设立分控中心，实现对泵站及配套变电

站的有关人员出入情况、现场作业情况、变压器、开关站各设备的运行情况、主控室等重要现场等进行远程图像监控、安全防护、告警监测，以便能够实时、直接地了解和掌握各变电站的现场情况，并及时对发生的情况作出反应。

遥视系统可以实现从远端实时直观的监控各泵站设备、监控各泵站的现场情况，为无人值守泵站、变电站提供有效的远程设备监视和远程环境安全防范监视，为推动调度管理逐步向自动化、综合化、集中化、智能化方向发展提供有力的技术保障，切实提高无人或少人值守泵站、变电站的安全运行水平。

根据网络架构，传输方式采用2M以太网传输方式，各泵站到调度中心机房的信道为2M专线，通信设备提供2M E1接口，泵站的图像数据信号通过以太网桥转化为E1接口信号，上传到管理处调度中心通信机房相应的以太网桥并转化为2M以太网络信号，进入监控网络。

系统设计遵循先进性、实用性、兼容性、扩展性、灵活性、实时性、可靠性、抗干扰性原则。

遥视系统的监控对象主要为，变电所主变压器外观；泵站前池水位、泵房外场景；泵站各机组情况、主厂房内场景；泵站内各主要设备间及场景，包括主制室、高压室等。

系统完成后具备的基本功能有，监视和录像功能、控制功能、回放功能。具体如下：

1）监视和录像功能：利用安装在监视目标区域的摄像机对生产设备和环境进行远程实时监控，进行24h自动录像（也可设置为手动录像、视频感知录像或报警录像等方式），并将监视目标的动态图像传输到泵站中控室及管理处调度中心，中控室及管理处调度中心也可以对摄像机进行控制和录像。根据授权，监控人员可以进行本地录像、远端录像或调用历史录像进行查看。

2）控制功能：泵站中控室及调度中心运行维护人员及有关管理人员或其他系统授权人员，通过微机即可对泵站监控范围目标区域中的设备或现场进行监视，同时可以在微机上对镜头进行控制，包括左右、上下、聚焦、变焦、画面切换等。不但监控中心值班人员能看前端画面，而且相关职能部门、领导也能同时在自己的微机上进行实时察看和控制。

3）回放功能：具有权限的操作人员可对历史录像数据进行检索和回放。

视频监控系统主要由设在泵站内的网络视频服务器，及安装在各监控点的摄像组件（防护罩、摄像机、镜头、云台）、相关线缆等组成。主要完成图像的采集、编码、传输、摄像机的控制和报警的输入/输出、本地录像等工作。

视频服务器：各泵站控制室内配置一套标准机柜，柜内装设嵌入式网络视频服务器、摄像机用AC24V、DC12V电源等设备。视频服务器内硬盘录像的存储容量可保留3个月录像资料。视频服务器支持实时录像、定时录像、报警录像等多种录像方式。

摄像设备：在各泵站的以下几个地点安装摄像设备：

①变电所的室外场区；

②泵站泵房前侧；

③泵站主厂房房内；

④泵站高压室内；

⑤中控室内。

主要功能如下：

1）密码保护功能：现场监控设备——视频服务器，有用户级密码保护。维护人员如需

修改设备设置，必须输入授权的用户名和密码。

系统访问认证：用户进入远程视频监控系统必须事先进行输入用户名和密码注册，系统管理员根据用户授予相应的监视权限和控制权限，同一用户只允许同时在一台监控远端上登录系统。

2）远程设备监控功能：监控用户应可根据工作职能分配给不同级别的控制权限，控制级别高的用户可优先对设备进行控制，如控制云台转动选择监视区域摄像；调节摄像机镜头改变监视范围和观察效果；还可以对指定的其他现场设备开关进行控制等。

3）多画面监视、画面全屏、多画面轮巡功能：系统具备在同一客户终端上同时监视 1、4、9、16 路前端图像的功能；具备将单画面、四画面、九画面、十六画面全屏放大显示的功能，单画面全屏时，可通过鼠标移动和左右键控制云台转动和摄像机变焦；具备将一个工作组内的所有监控现场在特定的时间间隔内按顺序轮流切换的功能。

4）其他功能：具备控制优先权机制及控制权协商机制、系统分组功能、远程录像查询和回放功能、手动抓图功能、远程报警及联动控制功能、图像动态侦测功能、报警布防和撤防功能、用户管理功能、电子地图功能、语音对讲等功能。

5. 调度中心系统

（1）调度中心配置

在管理处设置共用工程自动化监控系统的调度控制中心，如图 3 所示，设置 1 套计算机控制系统，主要包括计算机工作站、服务器、模拟屏、打印机、网络设备和相应的软件。调度监控中心除完成对各泵站的远程监控外，还可以根据渠道中的水量、流量以及各个泵站的运行情况协调控制相关泵站泵组的运行和起停，提高渠系运行效率，并对各泵站各种设备的运行状况进行统计、诊断等。

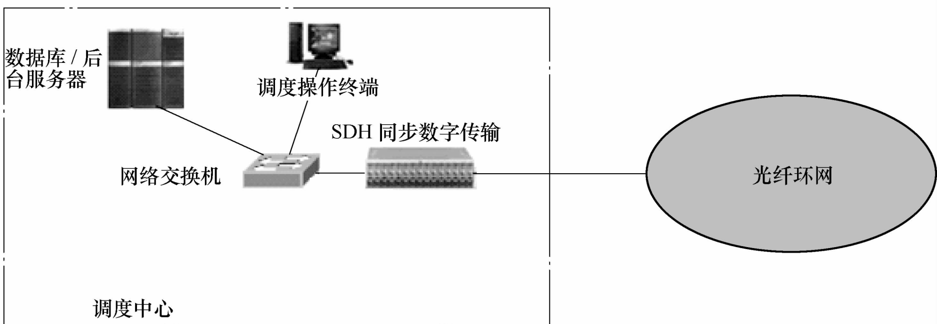


图 3　调度中心配置图

调度中心通过 SDH 设备接入到系统网络中，在调度中心配置数据库及后台服务器，用于实现数据存储和记录，同时完成网络数据转发。

（2）调度中心系统软件功能

综合自动化系统具有丰富、完整的系统软件、支持软件及满足功能要求的成套应用软件包。其功能体现在软件功能配置上，即配置相应软件，实现对应的功能。

1）系统软件配置：支持综合自动化系统监控计算机开发应用软件。操作系统软件为实时多用户、多任务执行程序系统，包括语言编译器、文件管理软件、系统自诊断自恢复软件、网络软件。

2）支持软件配置：计算机系统除应具有系统生成、软件开发、系统运行和维护的各种

标准支持软件外，还具有数据库管理系统、显示器管理软件、制表生成软件、支持用户软件、数据库和画面群结合软件（包括交互式作图软件、窗口软件、交互式数据库生成软件、动态汉字管理软件等）、档案（历史）管理软件。

3）应用软件配置：应用软件应为模块化的，包括数据采集、处理和监视控制软件；具有信息接收，并作显示、报警、报表打印和信息远传处理的软件；安全分析软件包；自启动软件；人机接口软件；远程诊断和维护软件；CPU 负荷率测量显示软件；其他特殊要求的应用软件；调度中心 SCADA 软件包；调度中心与选择性软件包的程序接口；调度中心经济运行和优化调度软件包；各第三方智能设备的通信接口驱动软件等。

4）局域网管理软件：为系统提供网络管理服务，以便为处理器和分布数据处理环境中的其他系统之间提供数据传输功能，并为网络中的计算资源提供管理。具备传输功能，为本系统与其他系统之间提供分布式主从结构和数据交换；远方文件访问功能，不管文件的位置所在，为系统提供直接透明的文件访问；资源管理功能，包括终止软件的执行，从中央服务器下载软件以及重新起动系统；故障修复功能，软件应能手动或自动将资源备份至提供的冗余配置。并能采集、维护和报告那些载入分布结构中设备的信息。

5）编程服务及其工具：系统软件应具有一套全面的编程工具和帮助功能，其中应包括承包商用于开发系统的所有编程工具。包括交互式文本编辑和源程序编辑工具、文件管理工具、系统生成工具、集成功能工具、故障修复工具等。

6）可实现系统重起动功能

7）具有诊断功能软件

8）执行软件及其升级软件

9）关系数据库管理系统功能

10）显示的生成和维护功能：在线显示生成软件应提供这样的功能，即可在分配有该功能的工作站上以可定义的形式建立和维护数据显示。

11）报告的生成和维护功能

12）其他专有软件：其他专有软件包括：通信服务器配置软件、保护装置调试工具软件、PLC 装置调试软件、电磁流量计调试软件、励磁装置调试软件等。

调度中心作为远程监控的主要使用单位，对各泵站的监控信息量包括但不限于以下内容：

①各泵站机组主接线信息；

②各泵站机组温度信息；

③各泵站进水阀门、出水阀门状态信息；

④各泵站前池、集水井、地下水监测井（如有）水位信息；

⑤各泵站同步电动机风机运行状态信息；

⑥电磁流量计瞬时流量及累计流量信息；

⑦各泵站高压设备微机保护、PT 保护、厂变、主变、电容等保护装置所发出的故障报警信息及保护信息。

调度中心软件系统至少应包括以下功能：

1）人机联系：人机联系应具有汉字显示和打印功能，汉字应符合国家一级汉字库标准；有关控制操作的人机联系，应采用被控对象显示画面、键盘（或鼠标、屏幕触摸）及画面对话提示相结合的方式，操作过程中应有必要的可靠性校核及闭锁功能；应对不同职责

的运行管理人员规定并提供不同安全等级的操作权限。

画面显示功能：可显示菜单画面、电气主接线图、报警与操作报表（包括事故信号、故障信号、操作信号）；机组运行状态转换顺序流程图；各类曲线图（电力负荷曲线、压力曲线、温度曲线、前池水位变化曲线、各机组计算流量曲线）；各类棒图（电压棒图、流量棒图、电能棒图）；各类运行记录报表（趋势曲线及事故追忆；保护定值；温度、水位及压力报警定值）；系统自检信息等，具备模拟量参数显示、状态量参数显示、电能表量参数显示功能。

2）画面图符显示颜色功能：根据规定显示各种颜色。

3）报警处理功能

4）打印记录功能：包括故障和事件记录打印；任意打印测量值、设定值、流量曲线、温度曲线、趋势曲线及事故追忆记录打印；各类操作自动记录打印；运行日志，包括日、月、季、年度报表打印；画面拷贝打印等。

5）运行监视：

a）实时监视：对全站各运行系统的实时运行参数和设备运行状态以召唤方式进行实时显示，显示过程中如发生事故或故障，则自动中断转入事故、故障显示。当进行某设备的操作时，自动推出相应的操作控制画面与过程监视画面。

b）事故顺序记录：当泵站主运行设备发生事故时，由单元控制层传送的中断开关量产生中断信号，记录并存储事故发生的时间（年、月、日、时、分、秒、毫秒）、事故设备及事故内容，发出报警音响，自动推出主接线画面、相应事故设备闪烁，显示、打印报警语句，形成顺序记录表格，画面软拷贝。当多个事故相继发生时，按先后顺序排列，设备动作分辨率小于2ms。事故信号包括保护装置动作发出的跳闸信号和断路器变位信号。

c）故障顺序记录：当发生故障时，自动记录并存储故障发生的时间（年、月、日、时、分、秒、毫秒）、故障内容，发出报警音响，显示、打印（自动或召唤）报警语句，形成全天顺序记录表格。故障信号包括单元保护及测控装置动作发出的预告信号。

d）参数越限报警与记录：当运行设备参数超越其设定限值时，自动记录并存储故障发生的时间（年、月、日、时、分、秒、毫秒）、越限实时值、设定值、参数内容，发出报警音响。当参数复限时，记录复限时间，显示、打印（自动或召唤）报警语句或提示语句，形成全天报警记录表格。

e）事故追忆：当泵站发生事故时，将有关参数如电流、电压、温度、流量、压力等的事故前后数据保存在磁盘中，形成历史数据，可召唤显示或打印以供运行人员进行事故分析。

f）主设备的操作运行记录：对于电气主设备的操作，如机组的开、停，断路器的合、跳次数，在进行非事故判断后，按先后动作进行记录并存储操作时间、机组的运行时间等内容，进行累计并记录。

g）母线电压自动监测：当母线电压升高（高于额定值）时应能自动发出故障信号并显示记录。

h）计算机系统综合信息记录：计算机系统综合信息包括监控系统设备的投切、泵站控制运行方式转换、主要功能的投切、软件出错以及计算机有关的诊断信息。当出现这些信息时，立即记录并存储操作时间、内容，提示语句显示、打印，形成全天汇总记录表格。

6）运行操作：运行人员在工作站通过鼠标、键盘、画面，以人机对话的方式，对泵站

设备进行人工操作控制。

a）系统运行控制方式的设置功能：主站级工作站/现地控制单元控制方式的设置，设置点在工作站，现地优先；单机/成组控制运行方式的设置，设置点在工作站，单机优先；手动/自动控制方式的设置，设置点在开关柜面板上，手动优先。

b）机组开、停机操作：运行人员给出操作指令，系统给出提示由运行人员确认后，系统发出命令，由单元层监控装置执行，并自动推出开（停）机过程监视画面。对于紧急停机，应有专用的快捷功能和提示。

c）断路器的投切操作：运行人员给出操作指令，通过画面选择控制对象及操作性质（投或切），系统给出提示由运行人员确认，或由调度通过站级工控机给出指令，系统发出命令，由各监控装置执行。

d）谐波分析：对站内各机组电源、母线电压进行谐波分析，给出从基波到13次谐波的大小及所占的比例。

e）定值、限值在线修改：对所有保护定值及报警量进行设置和修改，修改时应受权限密码的约束。

7）数据处理：

a）机组相关数据：对于所采集到的机组温度实时数据和历史数据进行分析计算；对于机组测量装置采集的流量、压力、水位等数据进行处理计算。

b）电能数据：包括单台电动机不同时段的电能累加、进线不同时段的送入电能、全站不同时段的站用电率、全站不同时段的总用电量、总送入量。

c）功率：全站电动机有功功率、无功功率总加；全站进线有功功率、无功功率总加；全站站用有功功率总加。

d）流量：单台机组不同时段的抽水量，按计算流量方式考虑；全站不同时段的总抽水量。

8）历史数据：日报数据保留一个月，月报数据保留一年；对历史数据进行日、月检索，并具备对历史数据库的数据进行库操作；对任一数据进行日、月统计，并指明该数据在该日的最大值、最小值以及出现的时间，该数据在某月的最大值、最小值、平均值；保留告警事件（开关变位、参数越限、保护告警）；对历史数据库中一个月内的日报数据可进行回顾打印；对历史数据库中一年内的月报数据可进行回顾打印。

9）仿真操作：通过人机接口设备手动下达操作命令，系统自动推出相应的实时监视画面及提示，人工选择模拟操作对象，系统自动进行操作连锁条件判断，若条件满足，则给出允许操作提示，若条件不满足，则给出不允许操作提示，并指出原因。

仿真运行以当前运行状态为初始状态，模拟操作只改变模拟系统状态，不改变当前实时系统状态，即不具备控制功能。可作为仿真培训或运行指导之用。模拟操作包括：开停机模拟操作；断路器操作。

6. 结束语

扬水泵站综合自动化系统经过近几年在扬水泵站中的使用，已经取得了显著的成效。满足各个扬水管理处对各级泵站的管理，便于统一对扬水工作的管理及调度。在未来的发展工程中，综合自动化系统在扬水泵站中的应用将会越来越广泛，最终满足“无人值守”或“少人值守”。

（作者：深圳市中电电力技术有限公司　吴宪）

FA11　煤矿智能供电监控系统及装置

（CS06　北京和利时自动化驱动技术有限公司）

1. 概述

KJ626 煤矿供电监控系统是基于和利时公司自主开发的 LM 系列矿用电器智能保护器、煤矿用电力分站以及专用电力软件等成熟产品的基础上，充分考虑到矿山供电的实际情况而设计制造的对煤矿井下供电进行监测监控的一个重要生产子系统，该系统可实现井下变电所遥控、遥测、遥信、遥调“四遥”功能，从而实现井下变电所无人或少人值守，对煤矿地面和井下供电系统实施一体化的实时监控，智能化程度的提高在减员增效以及节能方面也起到了至关重要的作用，同时供电系统对现场设备状态实时监测，实现对设备寿命周期管理，对预防维护和确定性维护功能有着关键作用，最终实现降低倒闸时间、快速准确故障定位，有效提高供电系统供电可靠性，保障煤矿开采安全稳定、节能经济的高效进行。

2. 系统组成

（1）系统描述

和利时 KJ626 煤矿供电监控系统主要包括地面监控主机、专业电力监控软件、井下监控分站、以 LM 系列矿用电器智能保护器为核心单元的矿用防爆电器及地面和井下网络交换机组成，煤矿供电监控系统图如图 1 所示。

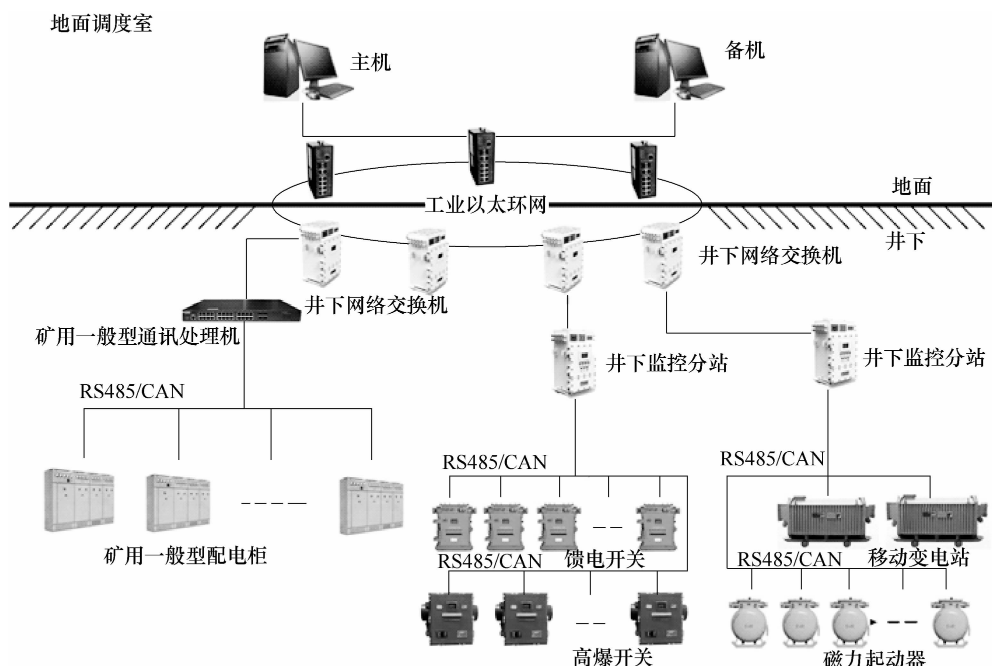


图 1　煤矿供电监控系统图

1）地面监控主机：采用专业的电力监控软件 PowerPro，对煤矿供电系统实时监控，并通过主、备机双机互备提高系统的可靠性。

2）井下监控分站：井下监控分站通过多路 RS485/CAN 总线连接矿用高低压电器，通过工业以太环网连接地面监控主机。具有数据的采集、显示、控制及传输等功能。

3）矿用防爆电器（LM 系列矿用电器智能保护器为核心单元）：矿用高压配电装置、矿用隔爆型低压交流电磁起动器、矿用防爆型高压交流真空电磁起动器、矿用隔爆型馈电开关、矿用隔爆兼本质安全型组合起动器（矿用隔爆型组合开关）、矿用干式变压器、移动变电站等，这些矿用防爆电器的核心单元为和利时的 LM 系列矿用智能保护器，通过 LM 系列矿用智能保护器及数据采集模块、电参量变送器等，采用 RS485 或 CAN 总线连接到井下监控分站。

4）光纤通信网络：多个地面和井下网络交换机之间通过光缆组成工业以太环网，作为数据传输平台。

（2）系统特点

和利时 KJ626 煤矿供电监控系统，采用自主研发专用电力系统软件 PowerPro 实现系统的构架，在电力监控主机上实现配电所的数据监测与控制，实现配电变电所的无人值守。

井下监控分站具备 RS485 和 CAN 通信接口，可以接入国内绝大多数厂家的煤矿供电设备，支持如 Modbus、IEC60870-5-101/102/103/104、CDT、DNP3.0、OPC 多种通信协议。配备彩色显示屏，实时显示状态数据、组态画面、故障报警等信息。

LM 系列矿用电器智能保护器，集测量、控制与保护于一体，稳定可靠，可以直接与和井下监控分站实现“无缝”连接。

系统能有效实时监测设备运转情况，定时限进行故障保护，具有故障自诊断功能，此外和利时 LM 系列矿用电器智能保护器具有精确的欠电压延时保护功能，可以躲避线路瞬时失电压，避免其引起的大面积跳闸。

系统具备完善的越限提醒、故障报警等功能，一旦出现故障，能快速定位故障类型和故障地点，缩短维修时间，减少停电时间。

可选择接入视频摄像头，可以在地面视频监控机上存储、监视和刻录。

三级设备相对独立：主机、分站、供用电设备都能进行就地操作，三级设备独立工作，上级设备和通信线路的损坏不影响底层设备的运行。

3. 系统功能

1）煤矿供电监控系统能实时反映馈电开关分合状态、电流、电压、功率、温度等模拟量数值、变压器及电缆是否带电等信息，实时信息显示图如图 2 所示。

2）遥信功能实时反映开关的分、合闸状态，包括开关运行参数、正常、事故遥信变位。

3）遥测功能实时监测供电系统的电压、电流、有功功率、无功功率、有功电量、无功电量、功率因数及绝缘监视电阻等参数。

4）遥控功能地面远程控制及闭锁、井下开关断路器或接触器的遥控分、合闸操作，保护信号复归操作和启动录波操作等。

5）遥调功能远方保护定值召唤、整定修改及打印。

6）保护功能具有漏电闭锁、过电流短路、过负荷等、欠电压、过电压、接地、断相保护功能，抗干扰能力强，动作准确可靠。系统具有自诊断功能，当系统中智能保护器、分站、传输光缆等设备发生故障时，报警并记录故障时间和故障设备，以供查询及打印。

7）系统具有以地点、名称和设备编号为索引的存储和查询功能，如馈电开关分合等开关量变化时刻及状态设备故障恢复正常工作时刻及状态等，过电流短路、过负荷、过电压、

断相、接地、漏电、误操作等保护恢复时刻及状态。

8）系统具有模拟量实时曲线和历史曲线显示功能。能在同一坐标上用不同颜色显示最大值、平均值、最小值等曲线。可设时间标尺，并可显示出对应时间标尺的模拟量值和时间等。系统应能在同一时间坐标上，同时显示模拟量曲线和开关状态图等。



图 2　煤矿供电系统实时信息显示图

9）系统具有软件自监视功能，系统上位机具有实时显示各种监测数据、图形、曲线和表格等功能，能够完成历史曲线打印、报表查询、报表设计和图形绘制等功能。

10）系统具有人机对话功能，以便于系统参数修改、功能调用、控制命令输入等，并具有操作权限管理功能。

11）系统具有双机切换功能。系统主机双机互备，并具有手动切换功能，当工作主机发生故障时，备份主机投入工作。

4. 关键设备描述

（1）煤矿隔爆兼本安分站（见图 3）

1）数据查询功能：通过配备的彩色显示屏和操作按键，可以查询连接在分站上的所有的底层设备和分站自身的实时数据、定值等参数界面显示功能。

2）数据传输功能：

上传：把底层设备的遥测、遥信、SOE、录波等数据上传地面计算机监控软件。

下传：根据地面计算机监控软件的命令实现各个开关的合、分闸操作，以及根据地面计算机软件进行底层设备的定值等参数设定功能。

3）数据掉电保持功能：井下分站内部集成有不间断电源，在系统掉电情况下，可以实现数据的存储和传输。

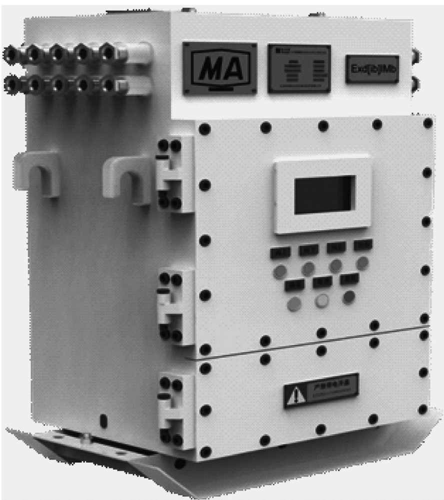


图 3　煤矿隔爆兼本安分站示意图

（2）LM 系列矿用电器智能保护器

1）通用功能描述：

a）测量和显示功能：实时测量开关、移变、磁力起动器等井下电力设备的电流、电压、频率、功率、电能、相位角、开关状态、漏电电阻值等参数，通过彩色显示屏或者文本屏进行数据显示。

b）保护功能：具有完善的煤矿电力系统保护功能，包括过电压、欠电压、过电流、短路、漏电、过负荷、断相、绝缘监测等保护功能。

c）控制功能：具有远程和就地控制功能，可以通过远程计算机实现对底层设备的控制，也可以通过当地显示屏进行控制。

d）参数设定功能：具有远程和就地参数设定功能，可以通过远程计算机实现对底层设备的定值、网络参数的设定，也可以通过当地显示屏进行设置。

e）通信功能：本安型 RS485 接口与以太网，支持标准 Modbus-RTU、Modbus-TCP、PROFIBUS-DP 等协议，具备数据和故障信息的实时上传和远程控制、参数设定功能。

2）保护器特点：

a）具有专用保护一体机和智能 PLC 型保护器两种类型，更好地满足供配电不同应用场合的需要；

b）专用保护一体机特点：“傻瓜型”结构，操作简单方便，易维护；

c）智能 PLC 型保护器特点：

①利用目前市场绝无仅有的 PLC 交流 AD 采样技术，采样速度快，抗干扰能力强，对柜控设备的电压、电流进行采集，实现 PLC 式的控制、保护和测量功能。

②智能 PLC 型保护器 I/O 扩展方便，可以实现用户可编程，其编程软件应符合 IEC61131-3 标准。

③可选配彩色显示屏，操作界面友好，模块内部集成有本安型 RS485 通信接口。

d）实现厂区电网质量实施监测，为改善用电质量提供科学数据依据。

e）将原系统的保护、计量和控制三网合一，系统简化，接线数量大大减少。

f）系统元件简化，接线少、易维护、故障率低。

3）保护器分类：保护器分为专用一体机（LM3560\LM3561\LM3562 等）以及智能 PLC 型（LM3108G\LM3166\LM3108K\LM3167 等），具体对应开关类型见表 1，示意图如图 4 所示。

表 1　矿用智能保护器对应开关类型表

序　号	产品类型	矿用智能保护器型号
1	高压真空配电装置	LM3561\LM3108G
2	馈电开关	LM3560\LM3166\LM3108K
3	磁力起动器	LM3562
4	移动变电站高低压保护装置	LM3108K\LM3108L\LM3167\LM3563\LM3564
5	组合开关	LM3109H\LM3316B\LM3313K

5. 通信架构及采用的通信协议

采用通用现场总线方式 RS485、CAN 等可与站内其他煤矿供电设备进行通信，可以

接入国际国内绝大多数厂家的煤矿供电设备，同时可以通过 RS485、以太网与监控系统进行通信，支持如 Modbus、IEC60870-5-101/102/103/104、CDT、DNP3.0、OPC 等多种通信协议。



图 4　和利时 LM 系列矿用高低压智能保护器

6. 适用范围

和利时煤矿智能供电监控系统适应于煤矿 6/10kV 及以下变电站监控系统。同时可作为主要煤炭开关厂配套完成高低压配电柜保护测控功能，设备本身满足防爆要求，满足煤矿、非煤矿山、洗煤厂、煤场、码头，石油、化工、其他危化品生产储运单位的供配电系统，以及其他工矿企业的供配电应用。

7. 实际应用情况

煤矿供电监控系统自在神华宝日希勒、开滦钱家营、龙煤双鸭山、徐州铁矿集团安装运行，运行稳定可靠，提高了煤矿的用电管理水平，可靠的实现了遥信、遥测、遥控、遥调，进一步推进了煤矿供电管理向数字化，智能化的发展。同时矿用智能保护装置与国内各类煤炭开关厂配套，用户反馈良好，对整个煤炭供配电的安全生产用电和节电提供了良好的保障。

（作者：北京和利时自动化驱动技术有限公司　袁石良　王彦斌　龚涛）

FA12　Rynon P100 系列消防设备电源监控系统

（CS35　上海冉能自动化科技有限公司）

1. 概述

近年来火灾发生时各类消防设备不能正常运转的火灾案例屡见不鲜：消防水泵不起动，致使火场缺水，不能扑救火灾；导致防火分区的防火卷帘和防火门无法到位，无法控制火灾蔓延；排烟风机不起动，无法排烟，防烟楼梯间不能防烟；消防电梯不能工作；疏散指示和应急照明不能辅助疏散，使火场的安全疏散工作无法进行，导致严重的灾难性后果。无数经验和教训都证明，火灾报警是否及时准确和初期火灾的扑救成功与否，重要的必备条件之一就是消防设备能否起到作用，而消防设备电源就是保证消防设备正常工作的一个根本性问题。如果没有可靠的消防设备电源，投入大量资金的建筑消防设施在火灾中形同虚设，因此必须重视消防设备的电源是否能连续正常供给的问题。

设计 Rynon P100 系列消防设备电源监控系统可以有效降低消防设备供电电源的故障发生率，确保消防设备的正常工作，为在火灾情况下消防设备的正常运行提供有力的技术保障。Rynon P100 系列消防设备电源监控系统将起到“用科技守护人民生命和国家财产安全”的重大作用。系统严格贯彻和实施下列相关国家标准和规范：

GB25506—2010《消防控制室通用技术要求》；

GB28184—2011《消防设备电源监控系统》；

GB50016《建筑设计防火规范》；

GB50116《火灾自动报警系统设计规范》。

2. 系统组成

上海冉能自动化科技有限公司在深入分析国家标准、仔细调研市场需求的基础上精心研发，推出了 Rynon P100 系列消防设备电源监控系统。该系统是集工业计算机技术，通信、抗电磁干扰、数字传感技术及工业现场总线于一体的智能化系统，采用高灵敏度多种信号传感器，对监测的消防设备电源进行 24h 实时自动巡检、监测。通过监测消防设备电源的电流、电压、工作状态，从而判断消防设备电源是否存在中断供电、过电压、欠电压、过电流、断相等故障，并进行声光报警和记录的监控系统。消防设备电源的工作状态可以在消防控制室内的消防设备电源状态监控器上集中显示，故障报警后及时进行处理，排除故障隐患，使消防设备电源始终处于正常工作状态，最大限度地保障消防设备的可靠运行。

Rynon P100 系列消防设备电源监控系统采用集中供电方式，现场传感器采用 DC24V 安全电压供电。系统结构简单、安装方便，工作稳定可靠，可广泛应用于建筑、军事、医药卫生、厂矿企业、航空航天、铁路运输等行业。

（1）系统结构

Rynon P100 系列消防设备电源监控系统由消防设备电源状态监控器、电压信号传感器、电压/电流信号传感器、中继器等设备组成，如图 1 所示。

（2）消防设备电源状态监控器

消防设备电源状态监控器将作为该监控系统的主机，向下和传感器、中继器等连接，组成消防设备电源状态监控子网，向上可以和更高一层的上位机连接，以组成更大容量消防设备电源监控系统或者接入更高层级的综合监控网络，如图 2 所示。

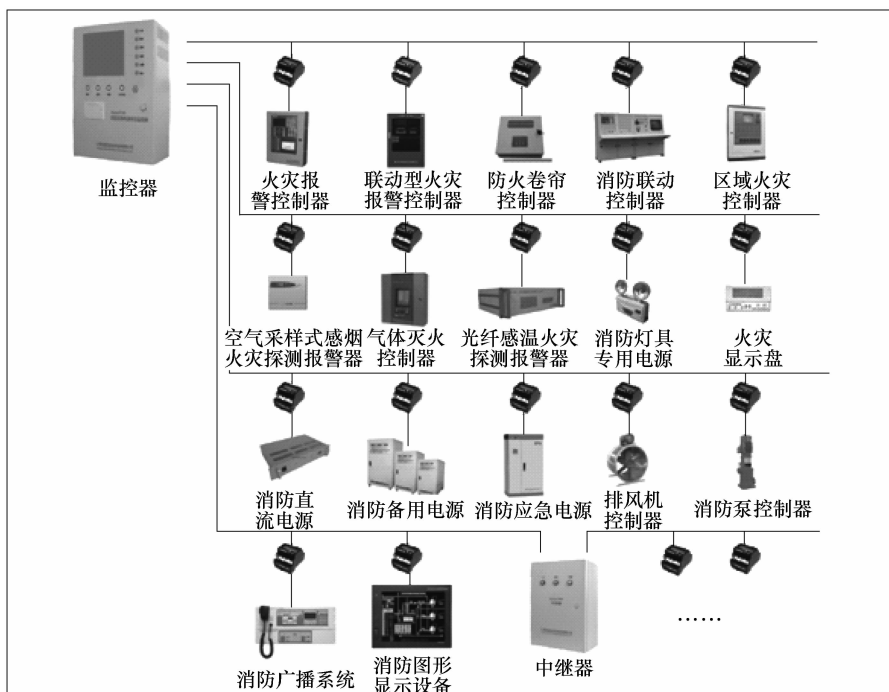


图 1　Rynon P100 系列消防设备电源监控系统

主机满足国家标准 GB 28184—2011《消防设备电源监控系统》的要求，具备以下特点：

1）输出回路可通过中继器灵活扩展，适应现代建筑复杂多变的要求；

2）采用非开放式的运行模式，系统内自行管理，对外单向传送信息；

3）采用集中供电方式，给现场传感器提供 DC24V 安全电压供电，有效的保证系统的稳定性、安全性；

4）实时监测所有被监控设备主、备电源的工作状态和故障报警信息，并将工作状态和欠电压报警信息传输给消防控制室图形显示装置；

5）内置大容量可充电电池，确保设备本身在交流工作电源故障的情况下，系统能够按照国标要求维持长时间的工作；

6）与传感器、中继器之间采用 CAN 总线通信，更加可靠、实时，接线更加方便；



图 2　电源状态监控器

7）10in（英寸）高分辨率彩色 LCD，全中文及图形显示，全屏触摸输入。高亮 LED 指示灯。

（3）信号传感器

根据国家标准，信号传感器按照应用场合的不同可以分为电压信号传感器、电压/电流信号传感器，监测消防设备主、备电源过电压、欠电压、断相、过电流等故障。

主要的功能和特征如下：

1）满足国标 GB 28184—2011《消防设备电源监控系统》的要求；

2）监测消防设备主、备电源的工作状态；

3）监测消防设备主、备电源过电压、欠电压、断相、过电流等故障；

4）监测消防设备主、备电源中断供电故障；

5）采用 DC24V 工作电压，确保系统及人身安全；

6）以直接压接方式采集电压信号，误差小于 1%；

7）CAN 总线通信方式；

8）两路开关量输入信号采集；

9）报警延时 0 ~60s 可调，现场可设定；



图 3　信号传感器

10）欠电压（60% ~100% 可设定），过电压（100% ~120% 可设定），过电流（100% ~120% 可设定）；

11）标准 35mm 导轨式安装。

常用的传感器类型包括：

①Rynon PMV Y2，电压信号传感器，监测三相双路交流电压；

②Rynon PMV D6，电压信号传感器，监测 6 路单相交流电压；

③Rynon PMV Z1，电压信号传感器，监测单路直流电压；

④Rynon PMV S1，电压信号传感器，监测单路单相交流电压；

⑤Rynon PMV S2，电压信号传感器，监测双路单相交流电压；

⑥Rynon PMA Y，电压/电流信号传感器，监测三相交流电压及三相交流电流；

⑦Rynon PMA Z，电压/电流信号传感器，监测单路直流电压及电流；

⑧Rynon PMA S，电压/电流信号传感器，监测单相交流电压及电流。

（4）中继器

因为传感器的工作电源由主机供给，同时 CAN 通信线根据现场的环境和传感器数量会有长度的限制。利用中继器就可以对电源供给和通信距离进行扩展，如图 4 所示。其特点如下：

1）满足国标 GB 28184—2011《消防设备电源监控系统》的要求；

2）完全透传通信信息，无需任何设置，不改变网络的拓扑结构；

3）延长消防设备电源状态监控器供电距离，保证系统供电稳定可靠；

4）延长消防设备电源状态监控器的通信距离及扩展管理传感器数量，形成更加完善稳定的监控网络；

5）内置备用电源，主备电源自动切换，有效保障系统可靠运行。



图 4　中继器

3. 监控的消防设备

理论上所有处于待机或者工作状态下的消防设备都应该进行电源状态监控。常见的消防设备包括：消防栓（消防炮）系统、消防水泵电源，自动喷水灭火系统、水幕、水喷雾灭火系统、雨淋喷水灭火系统、喷淋泵、稳压泵电源，泡沫灭火系统消防水泵、泡沫液泵电源、干粉灭火系统供电电源，气体灭火系统供电电源，防烟排烟系统、防烟排烟风机电源，电动防火阀、电动排烟防火阀、常闭送风口、电动排烟窗、电动挡烟垂壁电源，防火门和卷帘门系统、防火门和卷门机供电电源，消防电梯、排污泵供电电源，消防应急照明和疏散指示系统、备用照明、疏散照明供电电源，应急照明配电箱，所有应急照明配电箱，消防设备应急电源（EPS），分布在竖井或电气设备间给消防设备供电的直流电源等。

4. 典型的监控系统图

图 5 所示为上海冉能自动化科技有限公司在某宾馆实施的一个消防设备电源监控系统图。

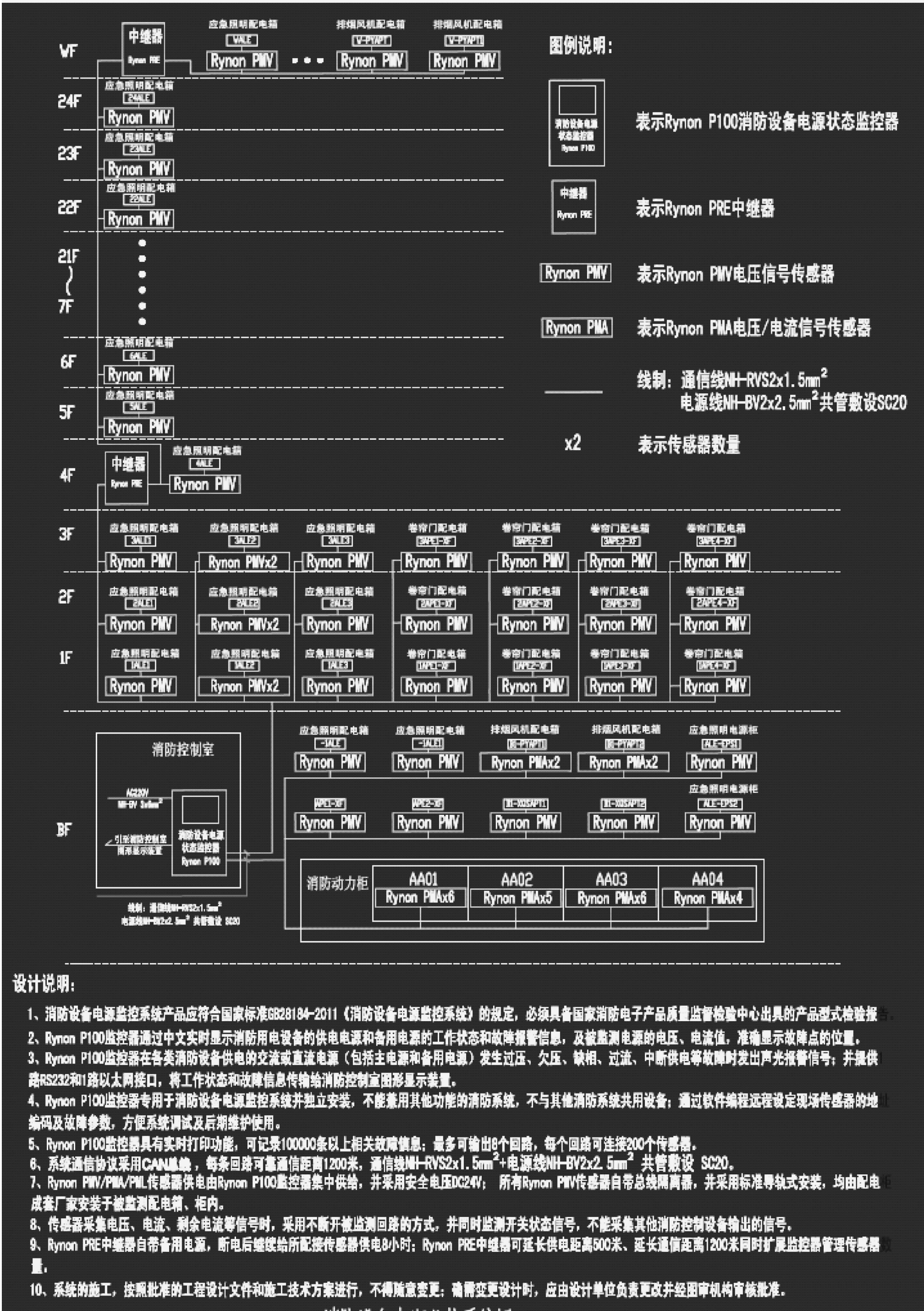


图 5　典型监控系统图

（作者：上海冉能自动化科技有限公司　左彦波）

FA13 智能电网视频监控系统

（CS37 上海通信技术中心）

视频监控系统发展至今，已由单一的视频采集、存储和人工干预为主的工作模式发展至多系统合作、自动智能处理、人工干预为辅的工作模式。已初步具有与环境报警、周界告警系统、物联网合作、融合的能力，使现今的智能视频监控系统愈来愈显现大平台、多功能和自动化的趋势。视频编码标准和网络技术（包括物联网）的快速发展也将使这种趋势愈加明显。

智能电网的无人值守、综合管理和安全管理的自动化需求十分迫切，这与传统电力监控系统各自为政的现状产生尖锐的矛盾。本文将主要讨论智能视频监控系统与智能电网中的其他监控系统合作方式，以及可为智能电网的运营、维护方工作带来的改变。以期在强调智能、环保的现今，为搭建智能电网的环境、视频监控系统提供一种新思路。

1. 视频监控系统的智能化

一个传统监控系统一般由一至两个控制中心、为数不等的监控站点组成。监控站点负责现场图像采集、上传，控制中心负责图像接收、显示，由专门监控员进行操作。这种监控系统对事件处理方式大致分为两部分：实时事件处理和事件回溯。实时事件处理由本系统操作员在例行巡视中发现问题而触发或由其他关联系统操作员通知而触发。这种工作方式造成了各个系统对事件处理的反应速度、处理准确性都处于较低水平。

设备、环境、周界和视频等监控系统之间本已存在的相互需要，随着计算机技术、图像处理技术和网络技术的快速发展，使各种监控系统之间的更紧密的联系成为可能。这就促成了综合监控系统的出现。综合监控系统（Integrated Supervisory Control System）简称 ISCS。ISCS 的出现并不是简单的配置一个软件平台用来接入各个监控系统显示各系统信息，ISCS 更是一个事件处理的决策平台，可自动处理部分出现的情况，在需要人工干预的情况出现时，自动通知处理人员，为处理人员提供整合的各系统信息（现场视频、传感器参数）和处理建议。这就是所谓智能化的系统。

视频监控系统是 ISCS 系统中重要部分，其与其他系统的联系接口出现多样化、网络化、标准化等特性。视频监控系统的智能化应用也基于此而生。视频监控系统接收来自火灾自动报警系统、环境与设备监控系统、电力监控系统和周界报警系统的事件信息，为 ISCS 提供相关事件图像、处理建议，提醒本系统操作员，在本系统人机界面提供决策建议等内容。这使视频监控系统第一次具有主动性，这就是系统智能化的开始。

以下将主要介绍现阶段的智能视频监控系统的相关情况。

2. 智能视频监控系统的组成

智能视频监控系统一般由摄像机、编码器、流媒体服务器、控制服务器、解码器、网络控制终端组成，其系统构成如图 1 所示。

由图 1 可见一般的视频监控系统设备配置重在站点，这是由于对数据、信息发生源的就进配置原则导致的。这样做的优点是，可以分散故障点、数据处理响应快。不足之处是对站点的人员、场地的要求较高。对于在智能电网中大量存在的无人值守站点，其本地无信息（数据、视频）的接收需求，场地条件也无法承载大量设备，所以无人站的设备构成如图 2 所示。

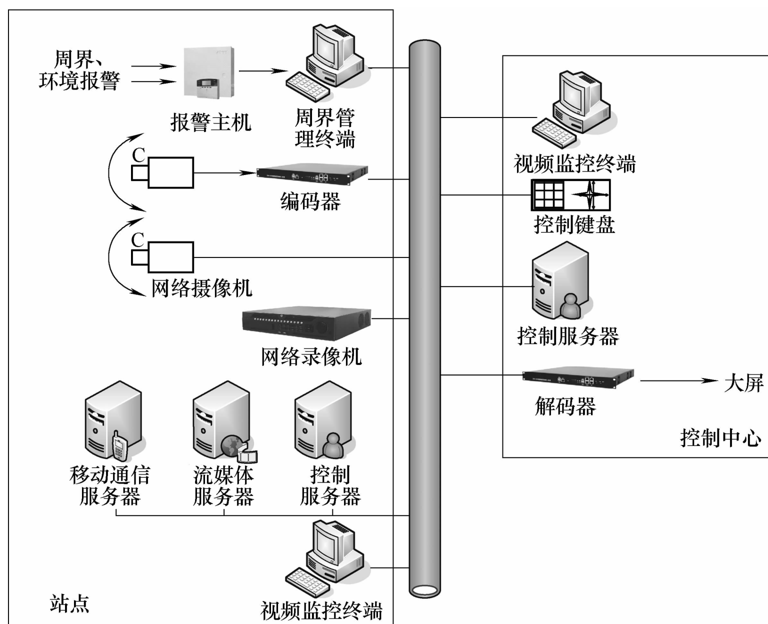


图 1　视频监控系统的一般构成

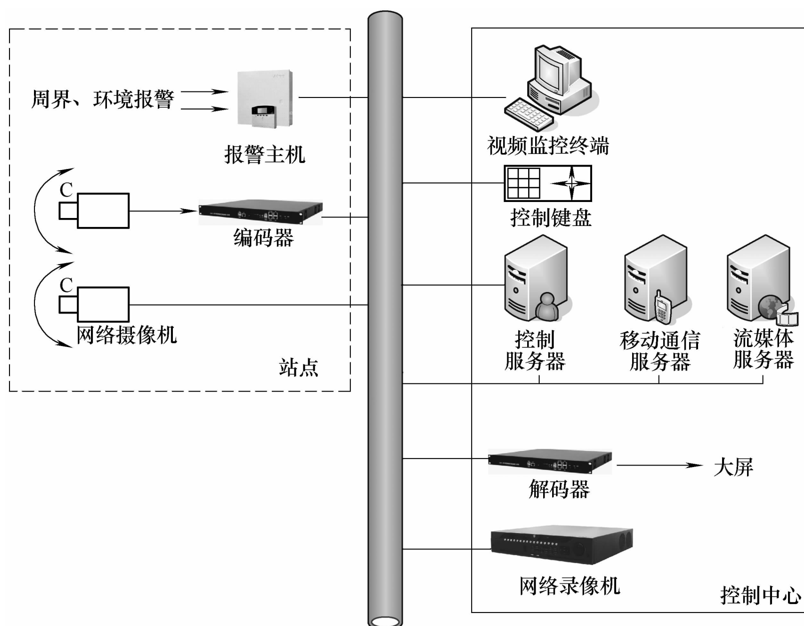


图 2　无人站点的视频监控系统构成

由图 1 和图 2 可见，现在的视频监控系统已经完成了网络化和数字化。这些特点首先使设备配置和接入更加方便，如录像机已由接入模拟图像转变为接入数字视频码流进行存储，使得录像机可以布置在网络中的任意一点；其次使接口、协议、图像编码的标准的统一成为

可能，使用户在构建站点、中心的系统时不再局限于某一厂商设备而是可以从所有符合统一标准的设备中选择。一个由用户制定的、开放的、具有普遍性的标准体系将使用户牢牢把握主动权。

现有视频监控系统的智能化主要体现在事件发生时的系统自动联动功能。这类功能由配置在控制服务器中的决策系统、设备控制程序完成自动响应和控制，流媒体服务器和移动通信服务器配合完成相应功能。自动联动功能完整流程如图 3 所示。

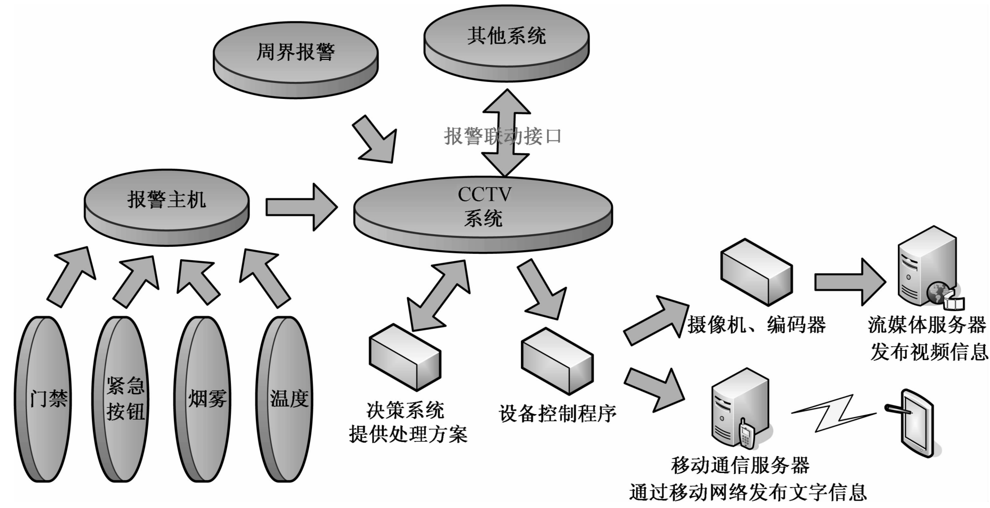


图 3　自动联动功能流程

视频监控系统用于触发联动的事件源一般来自系统外，如环境报警、周界入侵报警等，这些事件通过系统间的通信接口进入视频监控系统。本系统的决策程序根据事件类型、等级给出处理方案。该方案由设备控制程序负责实施，基本的实施方案中包括以下两个方面：一是流媒体服务器通过本地网络在监控系统控制终端上发布事件相关实时视频信息和录像信息，通过互联网/OA 网发布视频信息；二是移动通信服务器通过移动网络向相关人员发送文字信息。

3. 智能视频监控系统的未来

未来的视频监控系统特点首先表现在融合性，上文中所提的综合监控系统（ISCS）就是各系统融合趋势的表现；其次将实现在信息接收的移动化，随着移动网络的升级，融合的监控系统信息将在智能移动终端上实现，大大扩展系统的灵活性。

所以未来的视频监控将不再是一个可分割的子系统，它将融入以网络技术为基础的物联网中，以网络摄像机、网络录像机、流媒体服务器、控制服务器、接入服务器、操作员终端、可移动的操作终端为组件，与其他传感器、仪器仪表、接入设备紧密联结，由决策系统提供支持，形成可分布式布置、可集中布置的智能网络。这种智能网络通过决策系统减少人工干预，规范事件处理流程，缩减处理时间；通过接口、协议的标准化使其成为完全开放网络，其控制范围将随着网络延伸而扩张。这些都将使智能化监控系统在未来具有不可限量的可能性。

（作者：上海通信技术中心　倪鸿俊）

2.4 电力信息采集系统

FA14 基于物联网技术的无线建筑能耗监测系统

（CS36 上海申瑞继保电气有限公司）

1. 概述

2008 年，住建部下发了《关于印发国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统建设相关技术导则的通知》。通知规定了大型公共建筑能耗监测系统的各项标准。

建筑能耗监测系统，是采用高科技手段对建筑的能耗设备进行节能控制、能耗评估，让管理者了解电能主要构成，进行分类分项统计，寻找高能耗环节，进而采取技术手段和管理手段达到节约能源的目标。

在这个背景下，近年来，各省市都已经开始大范围试点安装建筑能耗监测系统。在工程实施过程中主要发现存在以下一些问题。

首先，工程实施不方便。由于很多工程是改造性建设，原有建筑正常使用近十年，甚至十数年，安装时需要停电，给建筑用户带来不便。对于一些老建筑，甚至还需要增加测量CT、屏位等，工程实施非常不便。

其次，通信布线困难。市面上大多数能耗监测表计都是采用 RS485 接口方式，需要打开电缆层，重新布通信线。

最后，系统安装成本较高。除了仪表成本外，还要考虑到人工成本、电缆成本等，一般一栋建筑在 20 万元左右。

针对这种情况，本文提出了一种基于物联网技术，采用无线能耗采集传感设备的建筑能耗采集系统设计思路。基于该设计思想的产品已经开发完成，并成功应用于上海某高层公共建筑。

2. 无线能耗采集系统的结构（见图 1）

无线能耗采集系统由无线电量采集器、数据集中器、能耗采集终端三层设备组成。无线通信采用了 ZigBee 技术，设备层无需通信线连接，而是采取了分散安装、无线通信的模式。

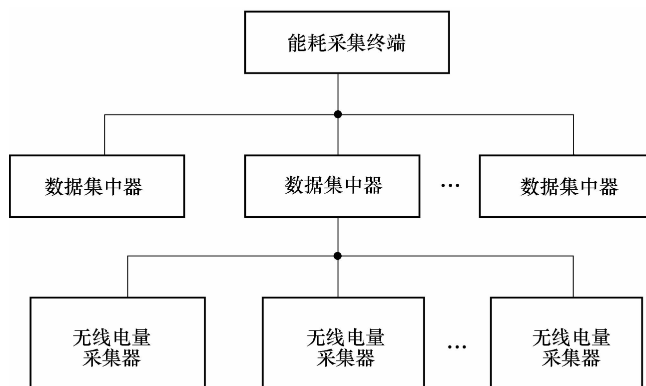


图 1　系统结构图

无线电量采集器用于配电出线回路电量采集；数据集中器用于通信中继，收集到无线采集器的信息后，通过无线方式转发到能耗采集终端；数据集中器与能耗采集终端可采用

RS485 有线通信方式，也可采用 ZigBee 无线通信方式；能耗采集终端收到本配电站（或楼宇）的全部能耗信息后，进行数据处理、存储、分析、转发、评估等功能。

3. 无线电量采集器

在住建部发布的《楼宇分项计量设计安装技术导则》中，明确规定："三相平衡设备应设置单相普通电能表，照明插座等供电回路宜设置三相普通电能表""当无法直接安装电能表时，应采用加法或减法原则间接获取电耗数据。其他无法直接获取电耗数据的回路均应采用间接获取的方法。"

据此我们设计了一种无线电量采集器，可测量配电回路单相电量，三相回路电量由三个单相电量采集器汇总而成。无线电量采集器设备体积小巧，可直接挂接在配电回路二次 CT 端子上。设备具备 ZIGBEE 通信功能，无需现场部署通信线缆。

该采集器的结构由供电、采集、CPU、通信等四部分组成。

采集器供电回路直接由外部单相电压取电。

采集部分电压采样直接来自外部供电单相电压。电流采样使用了一个小型高准确度的 CT，用于采集配电 CT 的二次侧电流。配合模拟滤波、数字滤波等电路，采集电流大小。设备电流采样只要将外部 CT 二次端子线穿过采集器即可，电压采样需要外接单相电压线。

CPU 模块完成数据采集、通信控制、装置自检等功能。

通信部分选用最新 ZigBee 2.4G 无线网络通信模块。ZigBee 是一种新兴的近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的无线网络技术，主要用于近距离无线连接。只需要很少的能量，即可在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。

与市场上的单相电量采集器相比，该设备体积小、接线方便，并采用无线传输，具有较大综合成本优势。

4. 数据集中器（见图 2）

数据集中器的功能是和无线电量传感器进行通信，采集电量数据，把数据传送到能耗管理终端。

数据集中器与能耗采集终端可以通过 ZigBee 无线方式，也可以通过 RS485 有线方式通信。采取无线通信方式时数据集中器具有信号中继功能。

该数据集中器最多可以与 100 个无线电量采集器通信。体积小巧，仅为一张名片大小。在使用时，安装在配电柜内，接收本柜内的电量信号。该数据集中器需要提供 AC220V 电源。



图 2　数据集中器

5. 能耗采集终端（见图 3）

能耗采集终端主要收到数据集中器的数据，进行存储、计算、通信转发，还可以在采集数据基础上实现能耗评估等高级应用功能。



图 3　能耗采集主机

该设备它采取嵌入式工控机设计，无旋转设备，可靠性高、免维护。能耗采集终端安装在挂壁箱内，可方便地固定在配电室的墙壁上。它与数据集中器之间通过 ZigBee 无线通信或者 RS485 有线通信。

6. 工程应用

该系统完成研发后，选取了上海某公共建筑楼宇作为试点。

该楼宇属于商务写字楼类型，共22层，其主要用电负荷为中央空调、照明插座、电梯、特殊用电。

该系统安装于建筑的地下一层配电室。电量采集器及数据集中器分散安装在各进出线开关柜内。配电柜内已安装指针式电流表计，故利用表计的CT作为电量采集器的电流输入，只要将电量采集器串接在CT二次回路中即可。电量采集器体积小，只需固定挂接在CT二次侧端子线上，无需额外的安装位置。在开关柜中，选取信号良好的位置安装数据接收器。

能耗采集终端安装在挂壁箱里，与数据集中器之间通过无线接收数据。

在试点楼宇施工过程中，共停电约3h，就完成了全部47条出线的安装工作。整个过程中，无需增加额外的屏位，无需增加CT，无需打开电缆沟进行二次配线的工作。比集中安装的多功能表方式简单、高效。

7. 结论

能耗采集系统用于对建筑能耗进行实时监测，配合能源审计使用，已经成为节能环保的第一步为广大业主所接受。很多新建建筑在验收前，已被要求必须安装能耗采集系统，但是对于已竣工建筑，有线设备的安装很不方便，这也成为制约推广建筑能耗采集系统的主要阻力。

基于物联网的无线建筑能耗采集系统的提出，很好地解决了安装不便的实际问题。上述系统也在试点楼宇进行安装、试运行。通过试运行，该系统得到了很好的实施，试用部门给予了较高的评价。

该方案具有造价小、灵活安装、停电时间较短等优势。我们相信，在不久的将来，该系统一定会得到普遍应用。

（作者：上海申瑞继保电气有限公司　王曼　胡大良　张卫红）

FA15　基于分布式架构的电力信息采集系统

（CS14　东软集团股份有限公司）

1. 概述

电力信息采集系统作为智能电网建设的重要组成部分，通过对发电厂、变电站、专变、公变、低压用户等发电侧、供电侧、配电侧和售电侧电气数据进行采集、监测与分析，是实现计量装置在线监测和用户负荷、电量、电压等信息实时采集的重要技术手段，对快速提高电网公司营销现代化、计量标准化，以及对提高控制自动化水平具有重要的意义。

采集系统是指接入各类采集终端的计算机系统，它是整个采集系统的信息采集与控制中心，通过远程通信通道对各类终端的信息进行采集和控制，并对采集数据进行分析和综合处理，为电力营销业务、配网自动化、生产管理系统、电能量系统、营销实时费控系统、电能质量平台提供数据和业务支撑。

随着“全采集、全覆盖、全费控”采集系统建设逐步推进、海量终端和智能电能表的接入，基于传统IOE架构的主机系统在应对大并发、海量数据应用、数据挖掘等方面支撑

接近瓶颈。随着弹性分布式技术趋于成熟，其弹性、廉价、分布式计算、易于扩展的优势在采集系统主站的建设方面有着天然优势。

在传统数据中心的基础上，在大数据深度应用方面引入分布式架构技术是切实可行的方案，经过“运行-评估-推进”等步骤平滑推进企业信息化架构的升级，充分利用和挖掘数据的价值。

2. 系统组成

采集系统由采集主站系统、远程通信信道、采集终端、本地信道、智能电表等组成。如图 1 所示：采集系统总体架构。

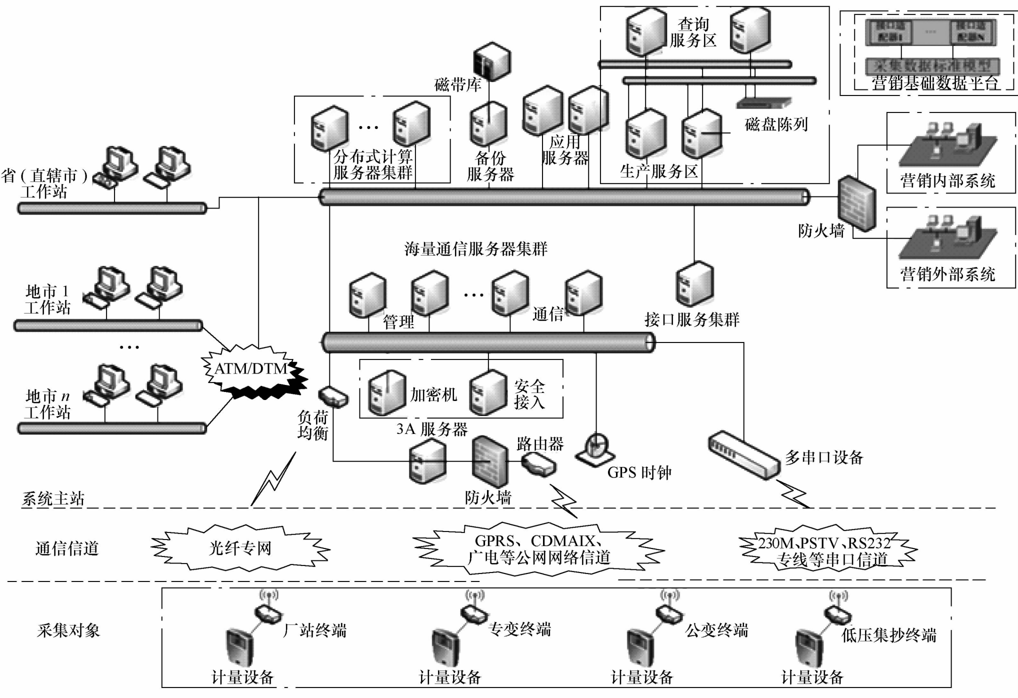


图 1　采集系统总体架构

1）采集主站系统包括采集业务系统、弹性分布式计算系统、海量通信系统三部分组成。其中弹性分布式计算系统包括消息处理层、数据处理层、数据分析层。

2）采集对象指安装在现场的采集终端及计量设备，覆盖电力公司所辖范围内的所有厂站（省网和地市局）、专变客户、小水电、公变台区、低压集抄用户。

3）远程通信信道是指系统主站与采集终端的通信信道，主要包括光纤专网、GPRS、CDMA、广电网络、230MHz 无线专网等。

4）本地信道分为窄带载波信道、微功率无线信道、485 信道、宽带载波信道等。

3. 系统功能

（1）功能架构说明（见图 2）

（2）功能说明

1）业务应用层：主站业务系统是采集系统管理和应用的重点，重点功能包括智能档案管理、负荷分析、有序用电、自动化抄表、远程控制管理、综合线损管理、配网监测管理、防窃电业务应用、移动作业管理等。

2）数据存储与分析层：本系统数据存储分为关系数据存储和海量实时数据存储两个部

分，档案及统计数据存储在关系数据库，海量曲线数据、事件数据等存储在 Hbase 数据库；将海量数据的统计分析移植到分布式平台，提升统计性能，同时减少关系数据库负荷和计算压力。

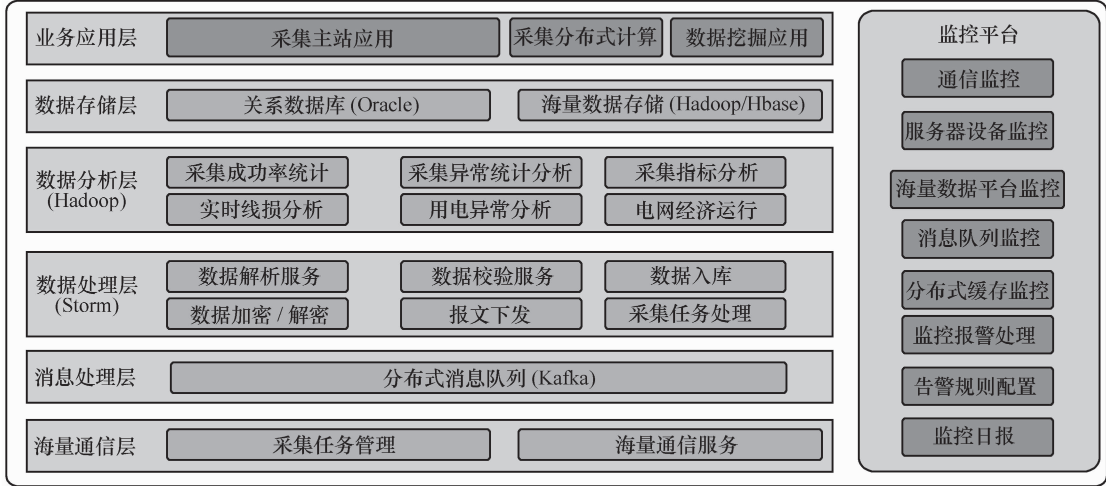


图 2　采集系统功能架构图

3）分布式计算层：包括消息处理层和数据处理层，Storm 是一个分布式的、容错的实时计算系统平台，由分布式消息队列、分布式计算组件、分布式缓存、分布式存储、分布式作业调度和分布式协调组件组成。Storm 架构适用于实时数据的处理，如用电采集数据接入、实时费控业务应用、电动汽车业务、分布式电源接入等。

4）海量通信层：海量通信层负责各类采集终端的接入，功能上包括通信打包处理、通信解包处理、负荷均衡、任务调度等。

4. 关键指标描述

1）接入能力：通信服务集群接入能力≥100 万台终端；单台前置通信服务器的接入能力≥10 万台终端；接入用户数≥3000 万。

2）入库效率：Hbase 20000 记录/s；Oracle 12000 记录/s。

3）消息队列：单节点消息，写入能力 >30000 个/s、处理能力 >20000 个/s。

4）缓存指标：采用的分布式缓存技术，读的速度达到 110000 次/s、写的速度达到 81000 次/s。

5）运行指标：遥控正确率≥99. 99%；主站年可用率≥99. 5%。

5. 适用范围

弹性分布式架构除了适合在省级集中采集系统应用之外，在电网企业营销实时费控、电网企业数据挖掘分析、配网安全经济管理、需求侧响应等也存在广泛的应用前景。

6. 实际应用情况

东软基于分布式架构的电力信息采集系统应用于湖北省电力公司和辽宁省电力公司的省级集中采集系统，接入几十万套终端、上千万只的智能电能表，在营销业务应用、线损管理、运维支撑、业务支撑等方面取得良好的经济和社会效益。

（作者：东软集团股份有限公司　陆继钦　李维东）

FA16　基于物联网的用电信息采集与控制解决方案

（CS23　江苏苏源高科技有限公司）

1. 概述

电力物联网在智能电网中的应用项目是以智能化电网发展需求为核心，通过物联网技术的应用，融合多种通信技术手段，以标准化、统一化、自动化的方式实现六大环节的电力终端设备的接入、通信和管理。本文重点介绍用电环节基于物联网的用电信息采集与控制解决方案。

要提高企业用户用电质量、降低用电成本，就需要提高电网管理企业的运行管理水平、削峰填谷宏观调控能力。为了实现这一目标，需要对企业用户内部用能信息进行全方位采集。本公司的“用电信息采集与控制平台”可以帮助各企业用户实现内部用电信息采集与控制。

2. 系统组成（见图 1）

本方案通过在企业内部部署采集监控设备，与企业用户现有的配网自动化系统做接口，实现企业用户高压进线、出线侧的用电信息采集与控制，以及企业用户内部低压用电设备的分类用电数据的实时采集与用电设备的实时控制。



图 1　系统组成

特点：

1）可接入各类智能与非智能计量装置及监控终端；

2）符合国际、国家标准的监测信息传输协议；

3）用电信息实时、分类准确计量，实时数据采集成功率 >99%；

4）用电设备实时、准确控制，控制成功率达 100%；

5）平台所采集与控制的“采集/控制点”不受数量与位置限制；

6）采集与上传时间按需设定，系统维护软件自动监测各类计量装置的工作状态。

3. 系统功能

功能描述：

1）采集控制设备信息管理；

2）控制设备运行管理，包括投运、参数设置与查询、时钟管理、运行状态管理；

3）数据采集，具有自研发的采集控制装置（小集中器、三相智能监控终端）；

4）超级集中器集成 IEC 60870-5-104、CDT RTU、MODBUS、Q/GDW 376.1 等通信规约，可集成配网自动化系统及采集各类计量装置，如符合国网 Q/GDW 标准的集中抄表终端、专变采集终端、配变综侧仪、电能质量监测仪；

5）数据存储与主动上报；

6）事件管理；

7）设备控制（含实时控制、时段控制）。

4. 关键设备描述（见图2）



图2　关键产品

（1）企业用电超级集中器

企业用电超级集中器系列设备实现实时数据的采集与存储，并能根据参数自动冻结采集到的数据。用于大用户内部各种实时数据的集中、存储和转发。对于采集过程中的异常情况，能记录成事件，并能主动把重要事件传输给主站。可与智能交互终端进行通信，把采集到的实时数据或事件提供给交互终端展示。

（2）小集中器

数据采集，具备数据管理及存储功能，支持远程在线软件升级，支持断点续传方式，自动自检，发现设备（包括通信）异常进行事件记录并告警，提供本地维护调制型红外接口，支持手持设备从红外线口及 RS485 维护口设置参数据和现场抄读电能量数据，并有权限和密码管理等安全措施，防止非授权人员操作。

（3）三相智能监控终端

三相智能监控终端可检测所有电力设备及电力线路负荷的电流、电压、有功功率、用电量等信息，并通过设备自带的无线通信功能，结合集中器实时将采集信息汇总至应用系统中进行统计与分析，三相智能监控终端通过外置接触器，实现企业内部用电自动化控制，为能效分析与诊断等应用提供基础数据。

采集的数据主要包括：三相电流、三相电压、有功功率（总及各分相）、无功功率（总及各分相）、功率因数（总及各分相）、电网频率、正向有功电能示值（总及各分相）、正向无功电能示值（总及各分相）、反向有功电能示值（总及各分相）、反向无功电能示值（总及各分相）。

5. 通信架构及采用的通信协议

一般，小集中器的下行通信方式通过 RS485 总线进行组网，小集中器的上行通信方式

通过以太网方式进行组网，距离较长的使用光纤组网，远距离无法实施布线的可以使用无线组网方案（例如 GPRS）。

6. 适用范围（设备监控、智能住宅、智能楼宇、智能小区、工业企业）

适用于企业用电用户的用电信息采集与控制，适用于楼宇分层、分类用电信息的采访与控制。通过安装配置相应的设施，可以实现企业或楼宇用电管理与用电分析。

7. 实际应用情况（实验室应用、示范应用、规模化应用）

南京智能园区用电信息采集与控制系统

山东智能园区用电信息采集与控制系统

南京供电公司调度大楼用电信息采集与控制系统

苏州供电公司调度大楼用电信息采集与控制系统

苏州供电公司劳动路营业厅用电信息采集与控制系统

（作者：江苏苏源高科技有限公司　金波）

2.5　智能照明系统

FA17　基于 ICL8002G 的 LED 晶闸管调光电源方案

（CS51　英飞凌科技（中国）有限公司）

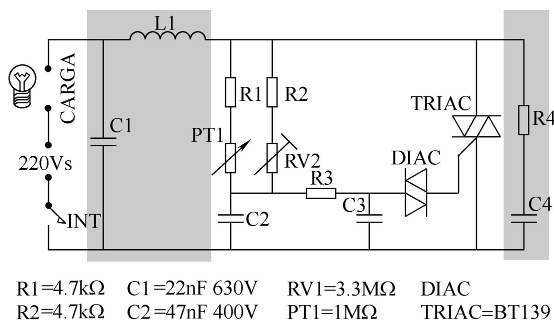
1. 概述

采用 LED 照明实现绿色节能已成为全球的一个发展趋势，换用 LED 灯具后，将会实现可观的能源节约，对住宅和商业照明附加调光功能后会使节能环保的 LED 光源更加节能。传统调光设计大都基于 TRIAC（晶闸管调光）实现，该调光器必须连接阻性负载的要求已成为推广节能照明的一个瓶颈。为了在现有的基础设施不作变动的情况下实现晶闸管调光器对 LED 进行调光，英飞凌公司开发的 TRIAC LED 调光驱动器 ICL8002G 针对解决此问题，并具有单级 PFC 和一次测控制能。ICL8002G 是准谐振（QR）PWM 控制器，尤其适用于高效率的 AC-DC LED TRIAC 调光驱动电源，它可以适用于不同的拓扑如反激型转换器和降压形转换器，这个演示板是隔离型反激拓扑，QR 控制模式、初级端控制，集成了 PFC 和相切调光控器以及出色的多种保护特性。

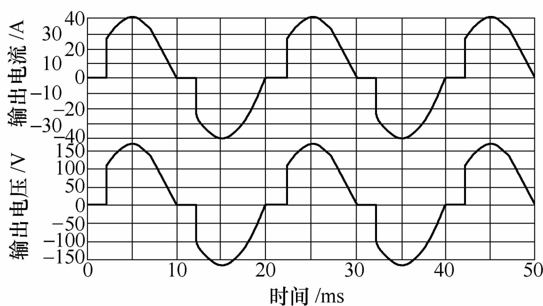
对于未来的照明系统，可以通过调光系统来有效的控制 LED 灯具的实时亮度，并满足各种不同的实际照明需求，使得整个照明系统实现按需照明，进一步满足节能减排的具体要求，实现未来的低碳生活，同时也能有效地延长了 LED 灯具的使用寿命，最终将 LED 照明灯具的独特优势转化为实际的经济效益。

2. 晶闸管调光的原理

图 1a 所示为典型的前沿晶闸管调光器电路，图 1b 为所产生的电压和电流波形。回路电压/电流是同相位的（负载是白炽灯）。



a) 晶闸管调光器电路



b) 晶闸管产生的电压、电流波形

图 1　晶闸管调光器电路与电压、电流波形

电位器 RV2 调整晶闸管（TRIAC）的相位角，当 VC3 超过 DIAC 的击穿电压时，晶闸管会导通。当晶闸管电流降到其维持电流以下时（见图 2），晶闸管关断，且必须等到 C3 在下个半周期重新充电后才能再次导通。灯泡灯丝中的电压和电流与调光信号的相位角密切相关，相位角的变化范围介于 0°（接近 0°）~180°之间（取决于调光器）。

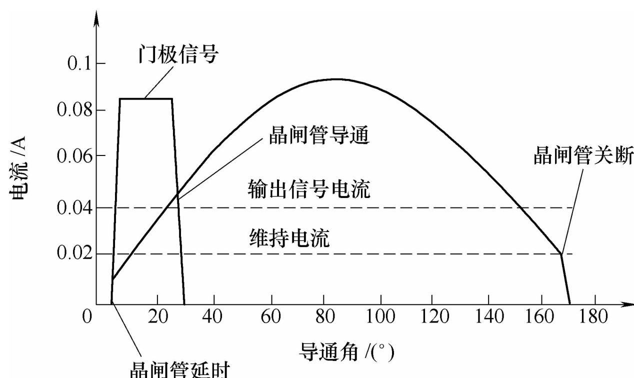


图 2　晶闸管导通的工作条件

3. LED 调光存在的问题

LED 灯要想实现可调光，其电源必须能够检测晶闸管控制器的可变相位角输出，以便对流向 LED 的电流进行调整。在维持调光器正常工作的同时做到这一点非常困难，往往会导致性能不佳。问题可以表现为闪烁及音频噪声等问题。这些不良现象通常是由误触发或过早关断晶闸管等因素造成的。误触发的根本原因是在晶闸管导通时出现了电流振荡。这里以图 3 的表示形式对该影响进行了说明。

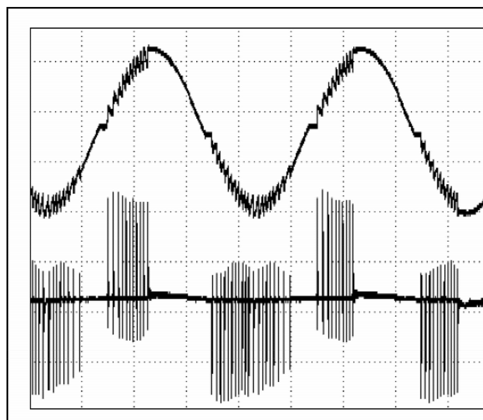


图 3　晶闸管电流（晶闸管多次触发，但不能维持导通）

晶闸管导通时，交流市电电压几乎瞬间施加到 LED 灯电源的 LC 输入滤波器。施加到电感的电压阶跃会导致振荡。如果调光器电流在振荡期间低于晶闸管维持电流，晶闸管将停止导通。晶

闸管触发电路充电，然后再次导通晶闸管。这种不规则的多次晶闸管重启动（见图4），可使 LED 驱动产生音频噪声或 LED 闪烁。设计更为简单的 EMI 滤波器有助于降低此类不必要的振荡。要想实现出色的调光功能，输入 EMI 滤波器电感和电容须尽可能地小。

对于晶闸管来说，维持导通所需的维持电流通常介于 8 ~ 75mA 之间。白炽灯比较容易维持这种电流大小，但对于功耗仅为等效白炽灯 10% 的 LED 灯来说，该电流可降低到晶闸管维持电流以下，导致晶闸管过早关断。这样就会造成闪烁或限制可调光范围。

4. 英飞凌实用 LED 驱动调光解决方案

基于以上问题，英飞凌推出一种专为高效离线式 LED 调光驱动应用设计的准谐振 PWM 控制器——ICL8002G，可用作反激式变换器或降压转换器的设计与应用。其准谐振工作模式、一次侧控制、集成式 PFC 和切相调光控制、各种保护功能使其成为适用于可调光的 LED 球泡灯出色的系统解决方案。与 ICL8001G 相比，新的 ICL8002G 在调光性能和输出电流稳定性方面有巨大改进。可以通过增加阻尼电路和泄放电路使它与基于 TRIAC 的切相调光器的兼容性得以改善，并通过额外的线性调整电路使输出电流在很宽的输入电压范围内保持稳定。性能参数见表 1。

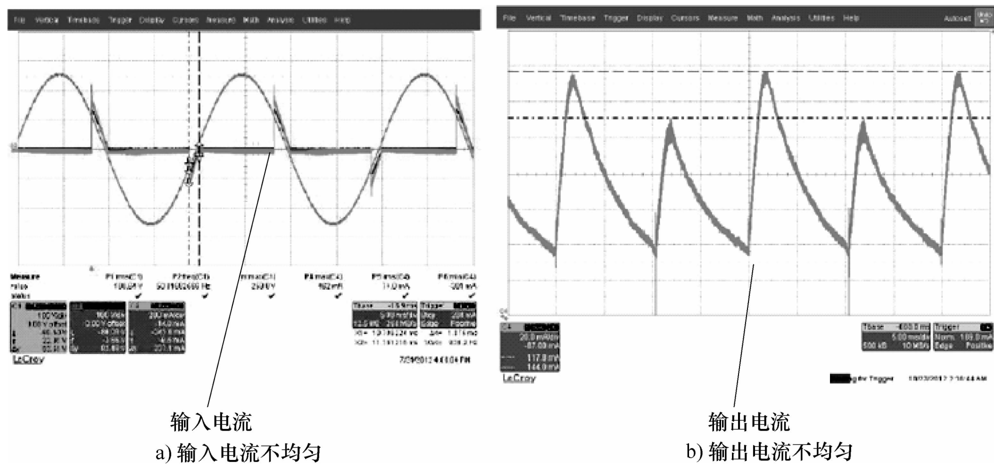


图 4　调光器导致输入与输出电流不均匀

表 1　ICL8002G 演示板设计规格

参　数	值	单　位	参　数	值	单　位
输入电压	180 ~ 265	V	输出电流①	270	mA
电源频率	50/60	Hz	功率因数	>0.9	
输入功率	12	W	THD	<20%	
输出功率	10.5	W	效率②	>85%	
输出电压	36 ~ 42	V			

① 实际输出电流取决于输出电压。

② 效率是在 AC 230V、输出电压和电流为 36V/270mA 的条件下测定的。

（1）原理图（见图 5）

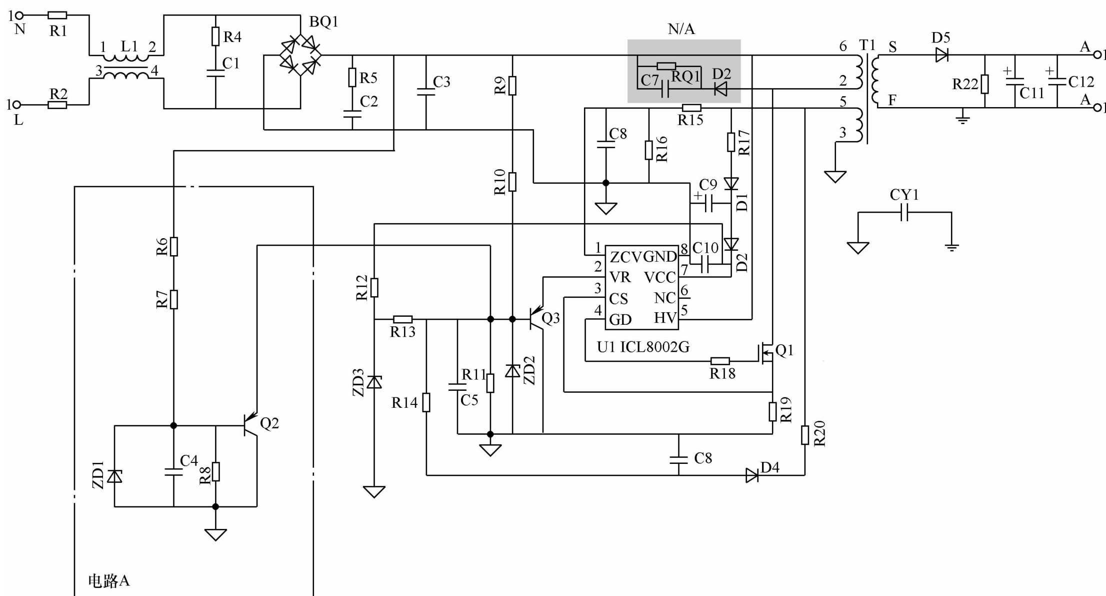


图 5　基于 ICL8002G 12W 晶闸管调光 LED 球炮灯应用的原理图

（2）基于 TRIAC 的调光器的兼容性　基于 TRIAC 的调光器可以完美用于白炽灯等阻性负载。当它们用于开关式 LED 驱动器等非线性负载时，可能产生闪烁问题，这主要是因维持电流不足（LED 整个灯具所消耗电流小于晶闸管的维持电流）以及电流振荡——尤其是在 TRIAC 导通期间造成的。因此，为了提高与基于 TRIAC 的调光器的兼容性，通常在 LED 驱动器中增加泄放电路和阻尼电路。此设计中包含的被动式泄放电路（由 C1、C2、R4、R5 组成）可以使输入电流大于 TRIAC 的维持电流阈值之上。R1、R2 这两个电阻器被用于抑制振荡及减小浪涌电流。

（3）轻微闪烁解决方法及实验数据

图 5 中电路 A 由 R6、R7、R8、C4、Q2、ZD1 组成的电路网络专为深度调光及改善忽亮忽暗（轻微闪烁），其中 ZD1 是一个保护二极管防止 Q2 的 V_{be}过电压击穿，R6、R7、R8 组成了一个分压检测器，由于 C4 的容量较大，因此 C4 端是一个平滑电压。图 6a 是在输出电流较小时且未增加上述电路的 C5 电压波形（两个相邻半波输入不对称）。若增加此电路后，

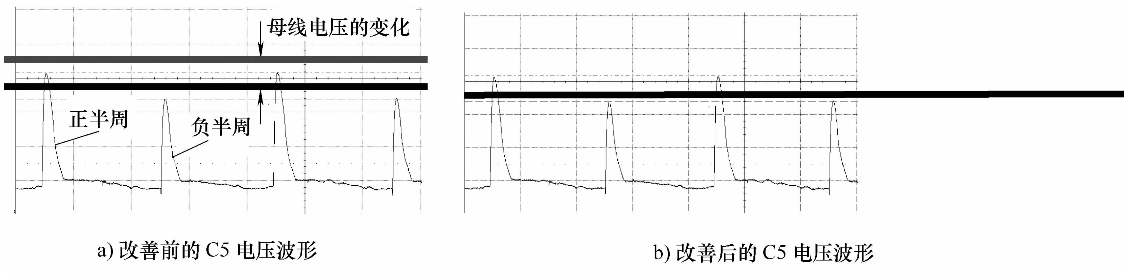


图 6　C5 电压波形

当 C4 端的电压如图 6 中①线的电压时，C5 的电压会通过 Q2 被钳位得到一个较为均匀的电压如图 6b 所示，同时由于 VR 端电压的高低决定输出电流大小，不均匀的 VR 端电压会导致 LED 闪烁，相反较为均匀的 VR 端电压将会改善输出 LED 的轻微闪烁。C5 的电压通过 Q2 跟随 C4 端电压的变化而变化，若在低导通角时 C5 端的电压会通过 Q2 跟随 C4 端电压降到更低的电压以达到减小输出电流从而增加调光范围实现深度调光。

图 7 所示为 C4、C5 实际的测试波形，图中曲线 1 是 C5 端电压，曲线 2 是 C4 端电压。实测证明增加电路 A 后是可以改善 VR 端电压不对称现象。

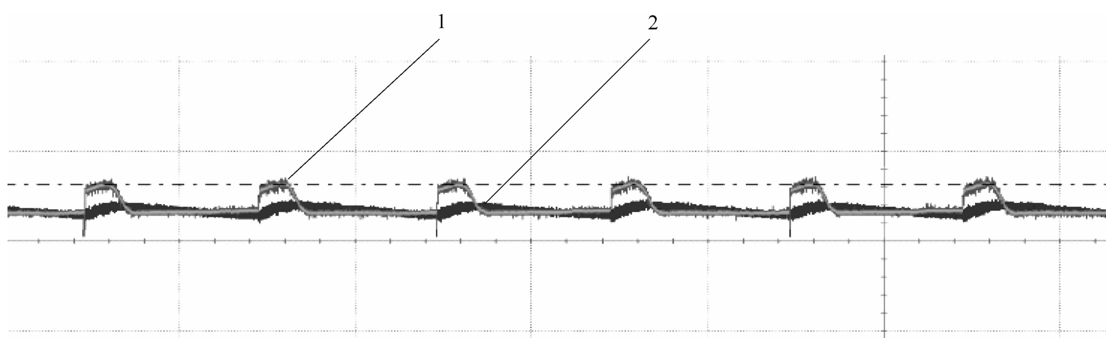
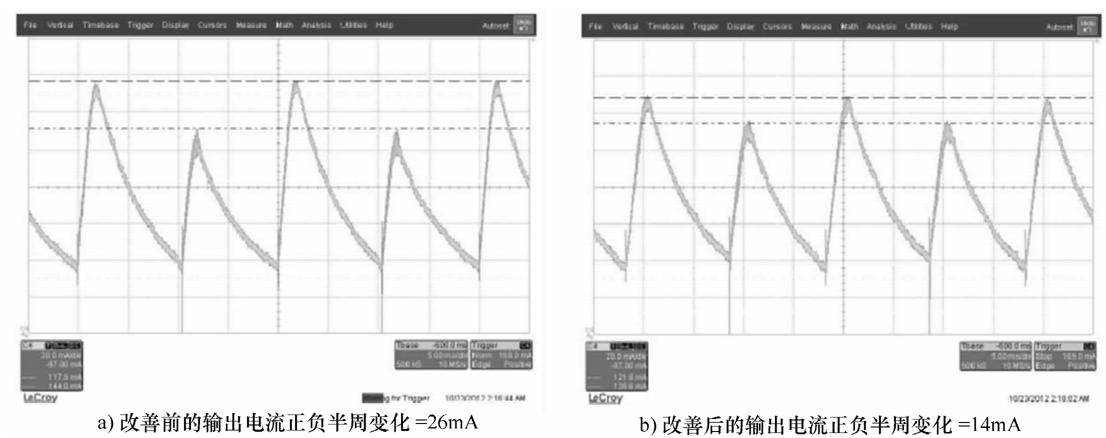


图 7　增加图 5 中电路 A 后的 C4、C5 电压变化

图 8a 所示为没有增加电路 A 的 LED 输出电流波形，正负半周相差太大导致输出会有忽亮忽暗的轻微闪烁，图 8b 是增加了电路 A 的输出 LED 的电流波形，可以看到增加此电路后 LED 的闪烁问题会有所改善。



a) 改善前的输出电流正负半周变化 =26mA　　b) 改善后的输出电流正负半周变化 =14mA

图 8　改善前后的输入、出电流变化

（4）线性调整率

图 9 显示的是测得的 LED 电流与电源电压的关系。在整个输入电压范围内（AC180 ~ 265V），最大电流偏差被限制为 ±3%。

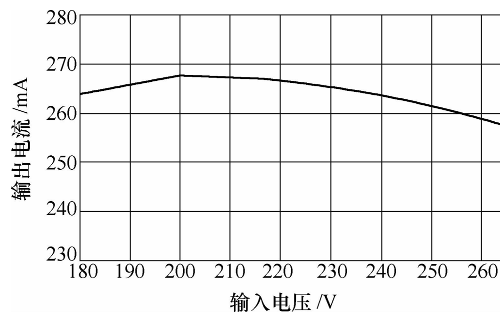


图 9　输入电压与输出电流线性调整率

（5）调光曲线（见图 10）

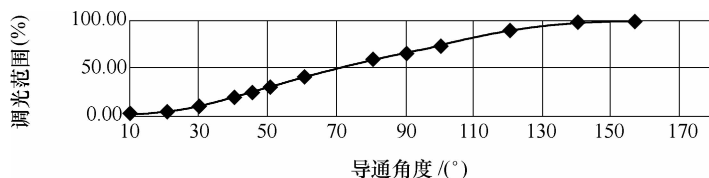


图 10　LED 调光曲线（LED 调光范围与晶闸管导通角）

（6）保护功能（见表 2）

表 2　ICL8002G 的保护功能

V_{CC}过电压	自动重启模式	输出短路	自动重启模式
V_{CC}欠电压	自动重启模式	绕组短路	锁存关断模式
输出过电压	锁存关断模式	过热	自动重启模式

（7）输出开路保护

在运行期间，如果输出端为开路状态，输出电压会升高，于是 MOSFET 关断时 V_{CC}绕组产生的电压也会升高。ICL8002G 的引脚 ZCV 通过 R15 和 R16 检测 V_{CC}绕组电压，ZCV 电压一达到 OVP 阈值（$V_{zcovp}=3.7V$）就会触发输出过电压保护，IC 将进入锁存关断模式。另一方面，V_{CC}绕组产生的电压将为 V_{CC}供电，如果 V_{CC}达到阈值（$V_{vccovp}=25V$），则会触发 V_{CC}过电压保护。在此演示板设计中，当输出端处于开路状态时，ZCV 脚电压将会达到 OVP 阈值且被触发，IC 也将进入锁存关断模式。锁存关断模式下的功耗小于 0.5W。

（8）输出短路保护

如果输出端短路，IC 将通过 V_{CC}欠电压保护方式切换至自动重启模式。此模式下的总输入功耗会保持在低于 1W 水平。

5. 结论

本文阐述了 LED 晶闸管调光的原理及相关问题。并介绍了基于 ICL8002G 的 12W LED 晶闸管调光方案，演示板数据表明英飞凌 12W 的 LED 晶闸管调光电源设计实现了晶闸管相切调光，以及完善的保护特性，出色的调光性能及兼容性。

综上所述，由于 LED 灯所特有的特性，使得 LED 照明可以通过调光的方式来进一步实现节能减排。目前在实际的应用中，晶闸管调光技术也被证明是适合应用于 LED 调光领域。上文也应用了实际的演示板和具体的实验数据来验证了 LED 调光电源具体应用的可行性。

（作者：英飞凌科技（中国）有限公司　梁晓军）

FA18　LED 照明直流供电一体化解决方案

（CS39　上海中达能源科技有限公司）

1. 概述

随着经济的快速发展，我国的能源危机日益突出，能源短缺问题已成为制约我们经济发展的瓶颈，尤其化石能源的短缺给我们现代工业和商业及人民生活带来了很大的影响。

节能减排最重要的是减少温室效应的发生和能源的消耗，在能源消耗最大的行业中，最大的是工业消耗，其次就是照明消耗，在照明消耗中道路照明和景观照明占到能耗的 45% ~60%，由此可见照明行业中，能源消耗是非常突出的。

因而，为了整个国家，以缓解电力短缺，降低能源消耗，在照明行业中的实施节能减排是势在必行的。

对现有照明系统的改造可以从两方面着手：一是光源；二是电源。光源：LED 光源是新一代半导体光源，与现有光源相比具有高效（目前最大光通量度为 200lm，约为普通白炽灯的 13 倍）、寿命长（LED 的使用寿命可长达 50000 ~ 100000h，普通白炽灯的寿命为 1000h，荧光灯、金属卤化物灯的寿命也不超过 10000h）的特点，因此 LED 将可望发展成为第四代光源，即半导体光源。电源：直流相比交流电，本身带有调制功能，能根据系统的要求做出反应，可提高电力系统暂态稳定水平。在电缆输电线路中，直流电流没有电容电流产生，而交流输电线路存在电容电流，引起损耗。

提高灯具的效能也是有效节能的手段，通过直流系统与 LED 驱动器之间的通信来实现数据上传，由监控中心进行 LED 远程控制，从时间控制、调光控制、照度感应等来实现灯具的分段工作的节能，将 LED 控制带入了新的智能管理化领域。

2. 系统组成

由直流控制电源柜、LED 驱动器、灯具及后台监控系统组成。

3. 系统功能介绍

直流控制电源箱：

1）电源箱输入为 AC380V，通过 HVDC 模块（见图 1）转换为直流供电给 LED 驱动器。

2）监控部分由监控单元（见图 2）负责，其供电为独立的 DC48V 电源提供。

3）通信部分由通信模块负责，模块具备 GPRS 及 Zigbee（见图 3）功能，两种功能各自配备有一个天线（见图 4）用于通信和数据的上传，GPRS 主要实现数据上传的功能，Zigbee 主要用于和 LED 驱动器的通信，来实现对各个灯杆的控制。



图 1　HVDC 模块



图 2　监控单元



图 3　通信模块



图 4　天线

4）高压直流悬浮供电输出，保证了较高的安全性能，人体接触悬浮接地系统的电流示

意图如图5所示，整个系统的漏电电流小于10mA，低于IEC60479 LEVEL I规定的对人体漏电流的要求。

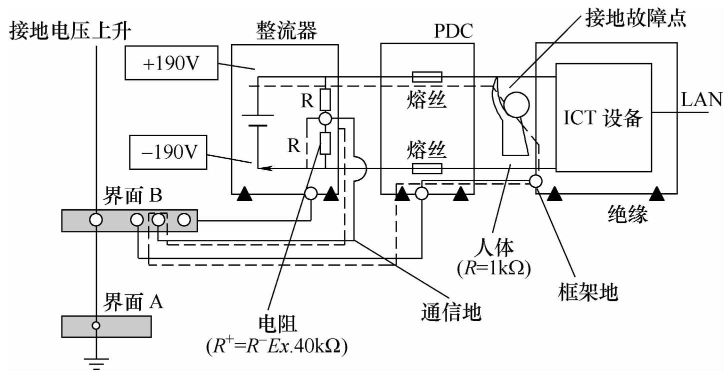


图5　人体接触悬浮接地系统的电流示意图

注：1. 人体接触电流<10mA（=Level I in IEC 60479），对人体低风险。

2. 熔丝不能因较低的接地故障电流而熔断接地点故障侦测或报警是必须的。

4. LED驱动器

1）LED直流驱动器负责将250V高压直流变换为LED灯所需的恒流电源，以实现照明和调光的功能。内置的ZigBee模块可与直流控制电源箱的监控单元通信，以实现遥信、遥测、遥控功能。

2）DC/DC驱动器中无电解电容，寿命很长。在电磁兼容测试中供电线路独享，具有较高的抗干扰性。可通过对直流电压的调节，实现较低成本调光。可以解决路灯变压器不平衡输出，降低变压器容量。驱动器不受交流电网对灯具EMC的影响。

3）驱动器架构，如图6所示。

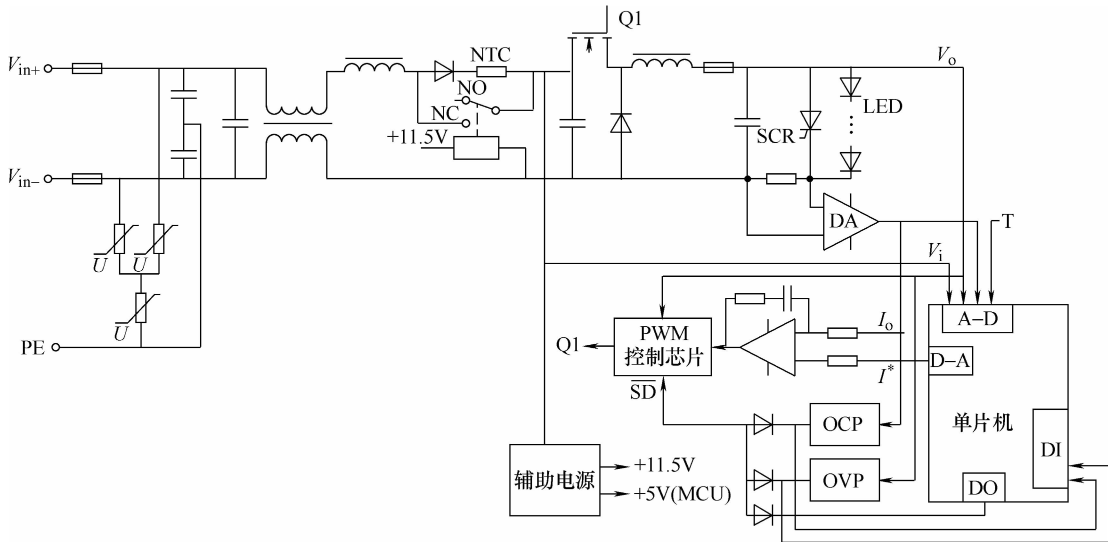


图6　驱动器原理框图

5. 通信架构

从客户的后台监控中心到电源柜，是由 GPRS 模块，通过 Internet 来做数据的交换，而电源柜与灯杆之间的通信，则有两种实现方式。如图 7 所示、系统通信架构。

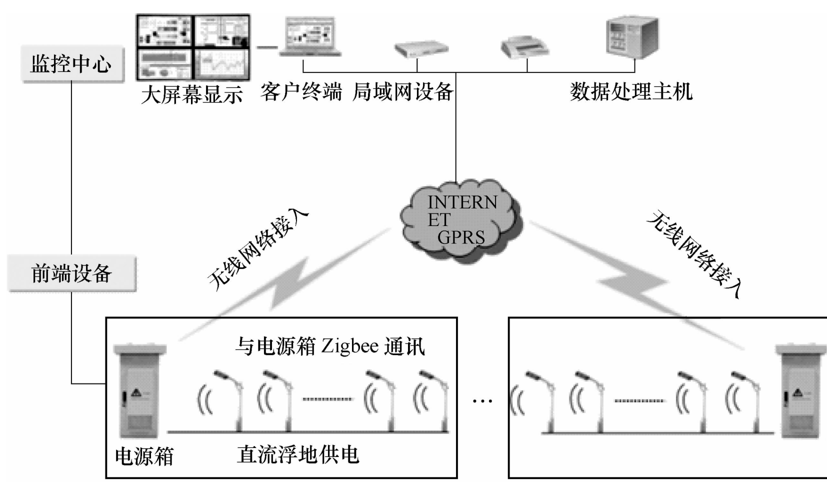


图 7　系统通信架构

方式一：供电电压载波通信，即电源柜中的监控单元控制直流输出电压按特定的时序和电压值变化，在供电线上调制数字信号。灯杆单元通过测量供电电压的变化情况，获取遥控命令并执行。这样，不需要专用通信硬件，使路灯系统具有广播通信能力。

方式二：电源柜中与灯杆单元之间用 Zigbee 模块来完成数据交换，即通过无线方式来控制。

6. 后台集中监控（见图 8）

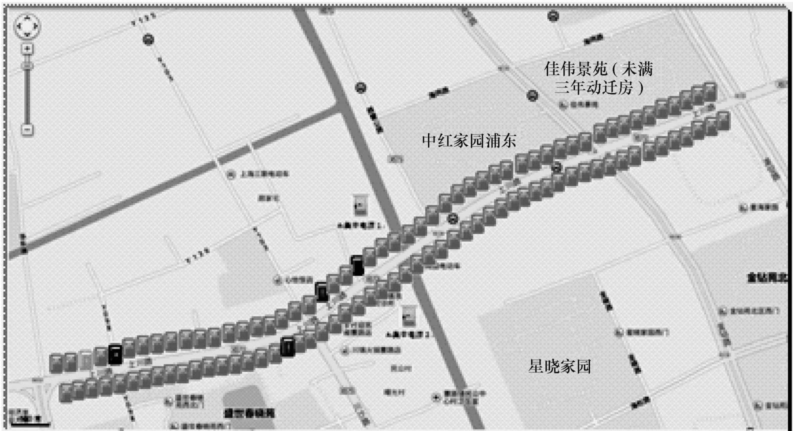


图 8　后台集中监控

1）全 IP 化网络技术；

2）系统平滑扩容能力；

3）灵活的网络适应性；
4）高集成度；
5）高可靠性；
6）高安全性。

7. 适用范围

直流控制电源箱主要适用于如柱灯、洗墙灯、外墙灯、隧道照明、街灯、停车场及公共安全照明、工业等室外照明。

8. 实际应用情况

大旺国家高新技术产业开发区

工程地址：广东省肇庆市大旺区

大旺国家高新技术产业开发区总面积98km^2，路灯总数4300多只，2013年施工完成所有路灯改造，将原有的4000多只传统路灯改造成直流供电的LED路灯。道路照明得到显著改善，此为目前全国范围内直流供电方案最大型的实用案例。大旺高新开发区路灯改造后的现场景观图如图9所示。



图9　大旺高新开发区路灯改造后的现场景观图

（作者：上海中达能源科技有限公司　李华斌）

FA19　电力线载波智能照明系统

（CS30　上海电器科学研究所（集团）有限公司）

1. 概述

随着全球能源的不断枯竭和节能减排的大力倡导，提高电能利用效率成为已有城市改造和未来城镇建设的重要指标。而城市道路园区楼宇照明作为电能支出的重要部分，其当前管理系统存在很多缺陷，如不能实现精确到单个灯源的开关、调光调节、电能计量

和物理状态监测；不能根据节气变化和运营环境差异有效智能控制调光和降低电力损耗；不能远程区域综合分析城市照明运行情况。因此对智能照明系统和相关子系统产品技术提出了急切需求。

目前走向成熟并逐渐被广泛应用的道路园区楼宇智能照明系统很多都基于电力线载波技术，经过技术革新和改进后的电力线载波逐渐具备通信距离远、传输速率较高、辐射干扰较低的优点，更无需重新铺设通信线路，利用原有的电力线，就可以实现路灯智能管理，是道路园区楼宇照明节能改造的首选技术。

上电科基于电力线载波技术的主站集中器和终端单灯模块的智能照明系统，利用前沿的电力载波、绿色照明、实时通信和智能化的综合管理技术，实现对区域高功耗、维护难的照明系统进行现代化的改造升级或新建，实现环境美化舒适的同时达到节能减排。

2. 系统架构

上电科智能照明系统采用分层、分布式结构，进行模块化设计，整个系统主要由以下四个部分组成：远程监控层、管理调度层、区域控制层和终端设备层四层。

1）远程监控层：基于电信云服务平台完成大区域监控管理，用户通过智能终端设备经互联网远程或异地实时监控大区域照明运营情况，实现照明系统的人性化和精细化管理。

2）管理调度层：完成区域照明管理，负责区域一定时期照明运营数据采集、处理、控制和存储，通过与云平台中心服务器交互将本地数据不断上传共享或获取其他区域照明运营数据。

3）区域控制层：由现场控制柜和配电柜组成，放置于照明控制区域的中心，核心由以太网专用可编程序控制器和电力线载波集中控制器构成，完成对控制范围内所有照明终端进行组网和管理，并不断与管理层区域管理中心进行数据交互。

4）终端设备层：由电力线载波终端单灯控制器和驱动电源（或镇流器）组成，实现对单灯的监控和对信息中继转发，并不断与电力线载波集中控制器进行数据交互。

上电科智能照明系统架构示意图如图 1 所示。

3. 系统功能

1）开关控制：对任一盏、分组、单相、三相的照明灯源按控制策略进行即时或定时的开关。

2）智能调光：根据季节时令，结合光照实时智能探测，通过 PWM 或 DA（0 ~ 10V）方式智能调节光源照度。

3）电量采集：精确到单灯的电流、电压、有功功率、功率因数的实时采集和交互上传。

4）自由编组：系统具备自组网和多级中继功能，可按照任意方式进行编组和分区控制。

5）地图引导：GIS 功能直观监测全区域每盏灯开关状态、调光等级、电量信息和故障情况。

6）运营报警：自动收集监测组网系统通信和精细到单灯运行中产生的异常事件，并对不同等级异常事件进行区分报警。

7）能耗管理：能实时监测和统计分析全区域照明能耗，并通过能耗历史数据，可实现日对比、月对比、分类能耗统计、分项能耗统计等功能。

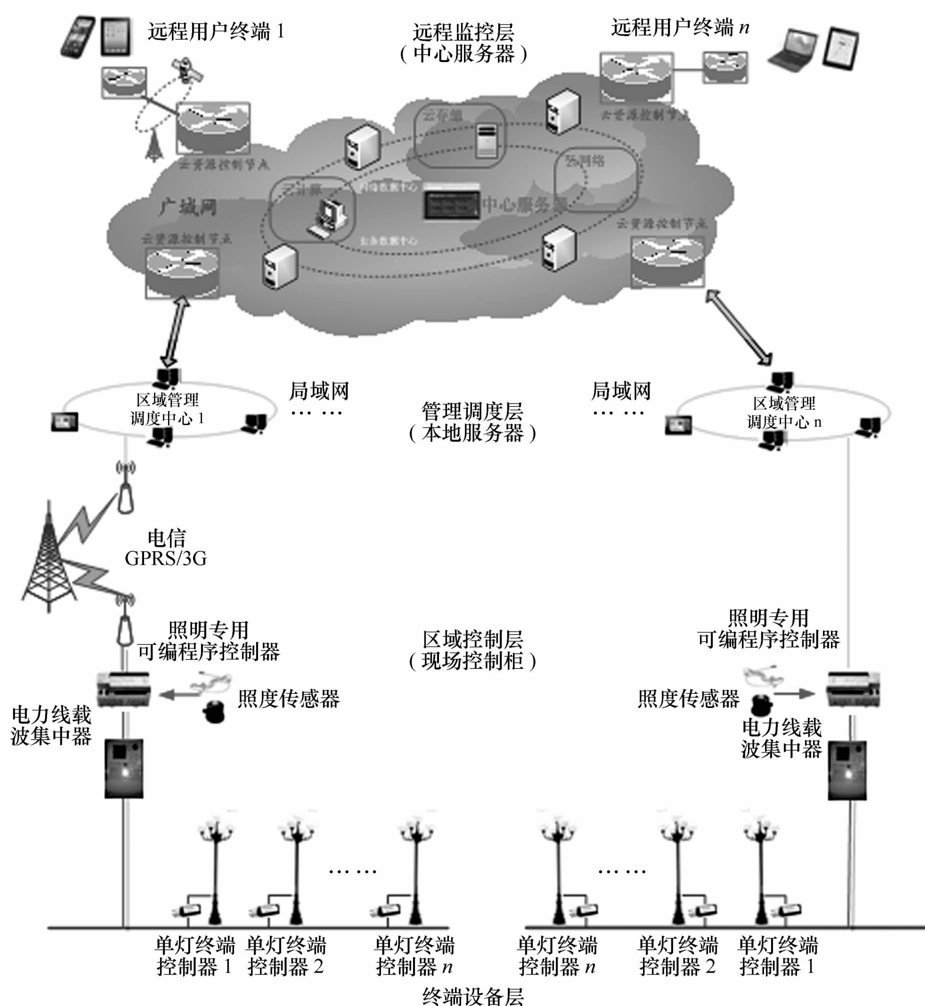


图 1　上电科智能照明系统架构示意图

8）远程监控：利用云存储、云计算和云网络设备构成的云资源平台为城市大区域照明系统提供云计算的能力，使其具备强大的计算分析能力与共享服务能力。并可使用户通过移动等智能终端设备实现对照明系统的远程监控和远程实时查询。

4. 关键设备描述

（1）智能照明上位机监控平台软件

构建 B/S 系统架构，远程监测和管理道路交通、工业园区、景观隧道等区域照明，负责区域内一定时期照明运营数据采集、处理、控制和存储，并将本地数据通过服务器和云平台上传共享或获取其他区域照明运营数据，实现信息的实时安全传输。其核心软件子系统产品包括：区域照明管理软件、电能计量和管理软件，以及网络化安全监控平台等。

（2）以太网专用可编程序控制器

作为区域控制层的核心模块之一，以太网专用可编程序控制器配置和控制电力线载波集中控制器共同实现对区域内所有终端单灯控制器进行组网和监测，并通过无线 GPRS/3G 模块或有线以太网通信实现与远程区域管理调度中心进行实时数据信息交互。

（3）电力线载波集中控制器

以太网专用可编程序控制器与终端单灯控制器之间的交互通信网关，实现以太网专用可编程序控制器与本地区域所有单灯控制器的信息交互，具备 RS485 和三相电力线载波通信接口。

（4）终端单灯控制器

实现对单灯的直接控制，具备开关、调光、电能计量功能，并响应电力线载波集中控制器的控制信息和数据采集报文，并能在无电力线载波集中控制器或损坏的情况下作为动断（常闭）开关使用。

5. 适用范围

基于电力线载波技术的智能照明系统无需重新布线，适用于各种天气和地形，安装相对简单，并具备多级中继和自组网功能，可实现任意分区管理和精确到单灯的监控，是照明节能改造和新建的首选技术之一，可广泛适用于城市道路隧道、工业园区景观、楼宇办公和公共区域等照明控制场合。

6. 应用情况

目前，上电科电力线载波智能照明系统已经或正在浦东机场、世博园区、武宁园区等多类用户的园区景观道路和楼宇公共区域得到实际应用，能满足用户对照明远程智能监测和控制的需求。

（作者：上海电器科学研究所（集团）有限公司　张伟）

2.6　智能家居系统

FA20　鸿雁思远智能家居系统及解决方案

（CS19　杭州鸿雁智能科技有限公司）

1. 概述

鸿雁思远智能家居控制系统对家庭电气设备智能化统一管理，使系统从原来的单一控制改变为人与物、物与物的双向智慧对话，通过墙上操作面板、遥控器、手机、PC 等多种方式，轻松实现安防、监控、灯光、窗帘、电源、背景音乐、红外家电等设备的操作与管理，为业主创造一个安全、便利、舒适、愉悦的全新生活方式和工作方式。

鸿雁思远本着“智・简”的理念设计开发，其中：“智”为技术，“简”是目的。系统本着让用户生活更简单的目标开发设计，让住户用最期望的、最方便的手段来管理家庭，如通过墙壁固定开关按键、手机、ipad、计算机、小遥控器、手机控制、管理自己的家；通过自动传感或预先的设置，实现家中的自动控制；通过单一的操作实现多种设备的控制运行（场景），从而给用户带来最大程度的高效、便利、舒适与安全。

2. 系统组成

鸿雁思远智能家居系统由家庭服务器、家庭综合控制、智慧照明控制、家电控制、安全

防范、环境控制、能源管理等模块组成（见图 1）。系统采用模块化结构，可根据实际需求，选择部分或全部模块。

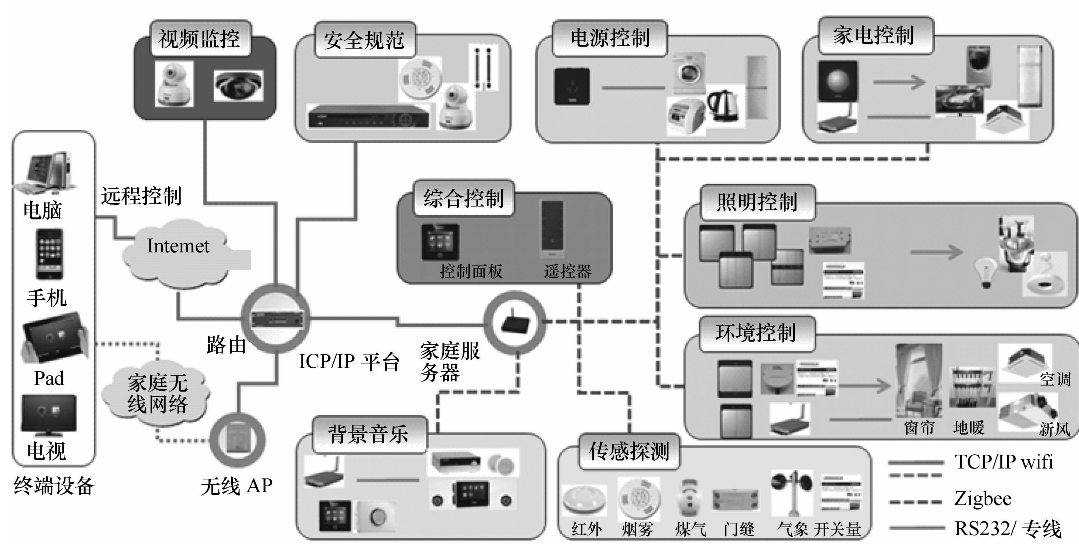


图 1　鸿雁思远系统示意图

系统基于计算机网络技术、嵌入式技术、无线通信技术（Zigbee 及红外等），融合鸿雁 LED 智慧照明及第三方系统产品，与鸿雁智能家居布线系统帮您构建完整的智能家居。

3. 系统功能

鸿雁思远智能家居控制系统，采用一个平台，多个功能模块组合，满足现代各种家庭的多样化需求。

（1）系统管理（见图 2）



图 2　鸿雁思远智能家居系统电脑端管理界面

思远智能家居控制系统通过家庭服务器对整个智能家居系统进行控制及设置、管理。计算机登陆可直接通过浏览器登陆，对计算机端进行家庭服务器的设置、调试及各种功能配置，也可通过计算机进行系统控制。同样，在系统配置完成后，也可在手机上直接登录服务器（无须安装 app），进行本地或远程的控制。

（2）照明及环境控制功能模块（见图 3）



图 3　照明及环境控制功能

鸿雁思远照明、环境控制模块主要功能：

1）与鸿雁 LED 照明高度融合；

2）基于 Zigbee 的无线照明控制；

3）一对一、一对多、多对一的控制逻辑关系；

4）场景、群组控制模式；

5）LED 色温、色彩调节控制；

6）窗帘自动控制；

7）亮度自适应控制；

8）墙壁式、灯具旁装式、导轨式多种规格产品备选；

9）1、2、4、8 键操作面板；

10）与家庭其他功能模块协同工作；

11）地暖、新风、窗户等自动控制、远程控制。

（3）安全防范控制模块

通过与专业的安防产品、专业视频企业合作，提供专业的安防报警及视频监控功能（见图 4）：



图 4　安防报警及视频监控功能

1）入侵报警；

2）紧急求助；

3）燃气、火灾报警；

4）视频监控；

5）设防、撤防；

6）事件追溯。

（4）家庭娱乐功能模块

思远智能家居控制系统通过背景音乐、家电控制、电源控制实现家庭娱乐，其背景音乐控制界面示意图如图 5 所示，主要特点如下：



图 5　背景音乐控制界面示意图

1）方便、可视化的家电控制（可通过专业接口协议或红外转发实现家电的控制）；

2）家庭音乐系统（提供与专业的家庭背景音乐系统接口，直接整合控制家庭背景音乐系统）。

（5）能源管理

提供用电检测模块或插座，检测家庭能耗，自动记录、自动控制管理，减少能源浪费。

（6）自动控制

系统具有多种传感器，通过感应、传感环境变化，实现家庭的自动控制，或监测家庭各种设备。

（7）控制方式

系统根据家庭业主的使用习惯，既可提供墙面轻触按键控制，也可通过手机、Ipad、计算机在本地或远程进行控制，同时可根据使用习惯，进行定时或自动控制。

4. 主要设备介绍

（1）家庭服务器（家庭网关）（见图 6）

1）家庭服务器为思远智能家居的核心，用于系统的管理、设置，提供系统的远程控制；

2）家庭服务器在系统中具有网关作用，提供家庭局域网与内部通信网络（Zigbee 网络）间的信号转换及管理。



图 6　家庭服务器

（2）智能开关（见图 7）

1）1 位、2 位、4 位、8 位开关；

2）1 位、2 位、4 位、8 位场景面板；

3）9 场景小遥控器；

4）Zigbee 协议设备。



图 7　智能开关

（3）智能插座（见图 8）

1）10A、16A 两种规格；

2）均有能耗计量规格产品；
3）Zigbee 协议设备。
（4）输出驱动器（见图9）
1）具有导轨式安装及受控设备旁安装两类；
2）输出有：开关量1路、4路；
3）电动窗帘控制；
4）调光控制（白炽灯及LED调光）；
5）Zigbee 协议设备。



图8　智能插座



图9　导轨式及旁装驱动器

（5）传感器及协议转换器（见图10）
1）10A、16A两种规格；
2）Zigbee 协议设备；
3）均有能耗计量规格产品；
4）协议转换器提供 Zigbee 信号与设备控制协议间的信号互连。



图10　传感器及协议转换器

5. 通信架构及采用的通信协议

鸿雁思远智能家居控制系统，在通信上主要采用TCP/IP及Zigbee协议，其中TCP/IP提供系统与家庭局域网、internet及云平台的连接，该层协议为标准的网络架构，直接由鸿雁智能家居布线系统提供有线和wifi的连接。

系统内部控制采用Zigbee协议，无线通信实现设备间的互连，局域网与Zigbee设备间通过家庭服务器（网关）进行信号的转接。

6. 适用范围

鸿雁思远智能家居控制系统包含七大子系统，分别是智慧照明、智动窗帘、背景音乐、安防报警、视频监控、智能插座及家电管理，适用于设备监控、智能住宅、智能楼宇、智能小区、工业企业。

思远智能家居控制系统主要适用于各类智能住宅（包括普通公寓住宅及高档别墅）以及公共区域（如体育场、办公室、会议室等）。经过扩展，还适用于智能楼宇及智能小区中（主要是与可视对讲系统进行对接）。此外，一些工业型企业也是思远系统能够适用的场所（视频监控和智慧照明）。

7. 实际应用情况（实验室应用、示范应用、规模化应用）

思远智能家居系统广泛应用于各类房地产项目和公共区域中（见图11），如北师大会议室及活动中心智慧照明及智动窗帘系统、普天大厦茶室智慧照明及背景音乐系统、民航华东空管局会议室智慧照明及智动窗帘系统、嘉兴平湖玫瑰项目、富阳九龙山庄别墅项目等。



图 11　经典项目欣赏

（作者：杭州鸿雁智能科技有限公司 副总经理　张焕荣）

FA21　ABB 智能建筑控制系统

（CS01　ABB（中国）有限公司）

1. 概述

随着社会经济与科学技术的快速发展，数字化、网络化、智能化的智能建筑控制系统逐渐得到广泛的应用。除了对建筑的传统要求外，对建筑的安全性、舒适性、节能性、自动化与信息化等方面均提出更高的要求，其目的是创造舒适宜人，能充分提高工作效率而又具有极大灵活性的办公与生活环境。目前，为适应这种建筑发展趋势，新建建筑有必要安装此类先进的控制系统，以满足各类使用与管理需要，最终使楼宇的建设者、发展商和用户获得更大的经济效益。

2. 系统简介

ABB 智能建筑控制系统简称 i-bus 系统，采用 KNX 总线标准。该标准起源于欧洲，是汇集了欧洲安装总线（EIB）、欧洲住宅系统（EHS）和 Batibus 超过 20 年的成功经验所得的结果。KNX 总线标准普遍应用于楼宇与住宅的末端电气设备的智能控制与管理，并已被批准：

欧洲标准（CENELEC EN 50090 和 CEN EN 13321-1）

国际标准（ISO/IEC 14543-3）

中国标准（GB/T 20965—2013）

美国标准（ANSI/ASHRAE 135）

KNX 是唯一的全球性楼宇和住宅控制标准。

典型的总线控制系统如图 1 所示。

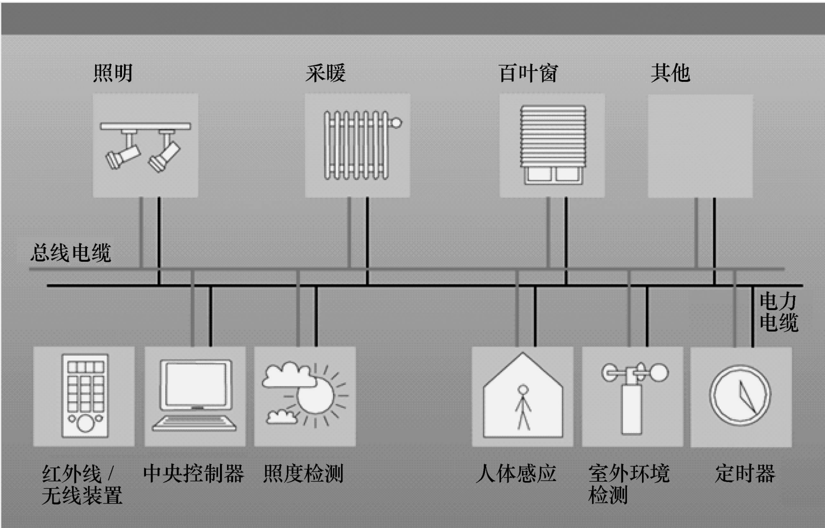


图 1　总线控制系统

3. 系统组成

i-bus 系统总线元件主要分为三大类：传感器、驱动器、系统元件。

1）传感器根据现场手动操作，探测光线、温度等的变化，向驱动器发出相应的控制信号。

2）驱动器负责接收和处理传感器传送的信号，并执行相应的操作，如开/关、调节灯的亮度、升降窗帘、启停风机盘管或地加热、调节温度等。

3）系统元件为系统运行提供必要的基础条件，如电源供应器、各类接口。

4. 系统功能

i-bus 系统控制对象如图 2 所示。

（1）灯光控制

对建筑物外部或内部的照明可以进行分别控制或成组控制，既可以通过 i－bus 系统按钮进行人工操作，也可以根据时间要求、自然采光条件或自动检测到的现场人员活动等情况，进行自动控制、中央集控或无线远程控制。

用户可以根据需要对室内的灯光制定多种整体控制方案，这些方案可以存储起来，需要时调用某个方案，控制室内各个照明装置的开关和亮度。

灯光控制一般需要考虑以下因素：



图 2　i-bus 系统主要控制对象

1）节能舒适：如在满足使用者要求的情况下，根据人员活动状况、工作规律、自然光状况来调节照明装置。

2）安全：如发生入侵时打开建筑物内部和外部的照明。

3）紧急照明：如在紧急情况下打开建筑物内部和外部的紧急照明，关闭正常照明。

4）与其他系统的关联控制：如百叶窗和窗帘关闭时，打开室内照明。

（2）百叶窗和窗帘的控制

安装百叶窗可以增加防入侵和冬季防风的功能。电动遮阳篷、百叶窗和窗帘可以分别或同时开关。不同位置的装置既可以集中控制也可以分别控制，既可以通过 i-bus 按钮进行人工操作，也可以通过无线遥控、中央集控或根据时间和自然光状况自动控制。刮大风时，i-bus 气象传感器会自动升起遮阳篷和百叶窗，防止损坏。

当装有室外卷帘窗或防护窗时，如果室内窗户打开，窗开关会防止室外卷帘窗或防护窗不合时宜的关闭，防止人或物被夹住。

还需要考虑以下因素：

1）安全：如发生报警情况时，升起百叶窗。

2）暖通空调：如通过控制遮阳调节室内温度。

（3）独立房间温度控制（例如风机盘管、地加热、暖气片）

合适的室内温度是舒适性的重要条件，不同的场所对温度有不同的要求，比如在厨房和卧室 18～20°C 比较适宜，在客厅 22°C 合适，而在洗澡间就需要高于 22°C 才合适。

在控制温度系统时，需要考虑如何在能耗最少的情况下保证需要的舒适度和方便性，达到环保、节能和用户满意的目的。

独立房间温度控制系统应该有根据新风温度进行温度调节的温度调节装置，这样才能保证每个房间独立的“按需”温度控制，使用者把各个房间的温度调节装置分别设定到所需要的温度，然后控制系统保持各个室内温度恒定，这样就能保证所有房间分别达到要求。

准确的温度控制能在满足舒适性要求的同时实现节能。每个房间的温度控制包括两个基本部分：房间温度调节装置、带调节阀的散热器（或风机盘管）。在房间温度控制系统中还可以增加其他的功能，如增加窗开关的控制。当冬季窗户打开的时候，室内温度自动设定在

防冻状态，即保持在7°C左右。这样既节能，又不会冻坏室内水管。

（4）负荷管理

负荷管理的目的是为了在工业、商业和日常生活中经济地利用能源，节约能源。负荷管理不仅能够降低成本、保护环境，而且能够防止系统过载、保护设备。

在i-bus系统中，所有控制部件都通过一种公共的通信介质（总线）连接在一起，与传统的控制模式相比有突出的优势。

所有与负荷管理有关的信息，都通过总线进行交换。除了大型设备需要通过继电器进行连接外，各种控制器、脉冲控制接收器、时间开关等都通过总线连接在一起，这样既降低连线的成本，又节约时间。

采用i-bus系统后，如果控制要求发生变化，只需对系统重新组态，不需要重新接线。系统运行的历史数据是优化负荷系统的重要依据。i-bus系统可以记录这些数据，并根据需要随时调用，进行分析和处理。

i-bus系统还可以为操作者提供可视化的界面，监视和记录系统的运行过程。

（5）系统信号监视、报告、操作、通信

在功能型建筑或住宅中，往往需要对设备工作的信息进行记录、显示和报告，这些信息包括：照明设备的开关状态；灯泡的工作时间；房间的门、窗以及大门的开关状态；报警系统的工作状态；各处的遮阳篷、百叶窗和窗帘的位置；各个房间的温度；水、电、油、气的计量值及消耗量；系统设备的故障信息；其他必要的运行数据。

i-bus系统中的这些信息，可以用不同的方式显示。一般采用专用接口，通过PC、显示屏等设备显示。通过IP接口，无论用户在建筑物内还是在其他地方，都可以使用智能终端、计算机对i-bus系统进行远程监控。

（6）音视频系统

现代化的住宅中往往有多个房间需要安装音视频系统设备。这些信号一般通过专用数据线路从音像中心传送给各个房间的影音设备。现在除了传统的HiFi音响和DVD播放器作为信号源外，越来越多地开始采用计算机作为多媒体服务器，多媒体服务器可以通过天线或互联网下载、存储和播放音乐、图像节目。

i-bus系统可以接入按钮或红外线遥控器，作为各个房间的音像控制装置。一般采用红外信号发生器和网关把i-bus指令转换为音视频系统的控制信号。

（7）空气质量检测

现在人们越来越重视功能性建筑和住宅中的卫生条件，这已成为衡量一个建筑物水平的重要判据。在卫生条件中，空气条件（包括温度和湿度）是最主要的，当然还包括合适的照明条件（光污染）。i-bus系统可以确保在不同的时间均保持最佳的环境条件。

5. 关键设备描述

（1）开关驱动器（见图3）（Switch Actuators）SA/Sx. x. x. 1

1）导轨式安装，2~12个模数宽度，可与微型断路器并列安装于导轨。

2）根据具体型号，可对2~12个回路，每回路6~20A的负载设备进行开闭控制，同时具有：手动拨钮、逻辑、场景、延时、楼梯、预设、闪烁、状态反馈等功能，适合对高冲击电流负载、容性负载、电热、泵、阀进行控制。

3）支持KNX通信，也可作为节点信号输出设备。

（2）通用调光器（见图4）（Universal dimming actuators）6197/xx-101-500



图 3　开关驱动器

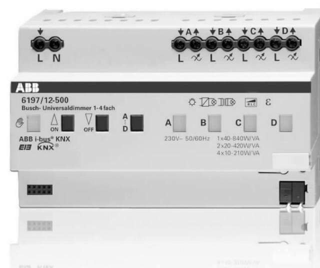


图 4　通用调光器

1）导轨式安装，8 ~ 12 个模数宽度，可与微型断路器并列安装于导轨。

2）根据具体型号，可对 4 ~ 6 个回路的白炽灯、卤素灯、传统变压器或电子变压器的低压卤素灯进行开关或调光控制，每个回路额定功率 10 ~ 600VA。

3）可通过桥接功能增加通道的最大负荷，端口间可以进行任意组合，自动识别输出端的负载类型，带手动操作模式，具有状态反馈功能。

4）需 AC240V 供电，支持 KNX 通信。

（3）荧光灯调光驱动器（见图 5）（Light Controller）LR/S x. 16. 1

1）导轨式安装，4 ~ 8 个模数宽度，可与微型断路器并列安装于导轨。

2）根据具体型号，可对 2、4 路荧光灯进行开关和调光，要求荧光灯配置可调光电子整流器，DC1 ~ 10V 信号，控制信号线长度不超过 100m。结合光亮度感应器可实现恒照度控制。具有状态反馈功能。



图 5　荧光灯调光驱动器

3）支持 KNX 通信。

（4）窗帘驱动器（见图 6）（Shutter Actuator）JRA/S x. x. x. 1

1）导轨式安装，4 ~ 8 个模数宽度，可与微型断路器并列安装于导轨。

2）根据具体型号，可对 2、4、8 路电动窗帘或电动百叶进行控制。具有定位、预设、状态反馈、上下限设置、狂风暴雨霜冻自保护、清洁模式。室内照度控制、配合 HVAC 室内温度控制等功能。每个通道的正反转端口内置机械互锁。

3）每组电机的动作时间由自动行程检测确定，当点击老化或温度变化时自动检测并调节百叶窗位置，从而精确定位。

4）可与百叶窗控制单元（JSB/S 1. 1）、楼宇气象站（WS/S 2. 1）配合使用。

5）支持 KNX 通信。

（5）风机盘管驱动器（见图 7）（Fan Coil Actuator）FCL/S x. 6. 1. 1

1）导轨式安装，4 ~ 8 个模数宽度，可与微型断路器并列安装于导轨。

2）可控制 1 个或 2 个三速单相风机，及 6A 的开闭负载。

3）结合温度控制器，可以手动或自动控制风机盘管的开关、风速的调节，可自动清洗阀门。

4）支持 KNX 通信。



图 6　窗帘驱动器



图 7　风机盘管驱动器

（6）能源管理驱动器（见图 8）（Energy Actuator）SE/S 3. 16. 1

1）导轨式安装，4 个模数宽度，可与微型断路器并列安装于导轨。

2）可被用作开关驱动器，3 路 16A 输出，具有开关驱动器（SA/S）的所有功能。

3）其他功能：具有每回路负载的实时能耗监测、能耗累计、3 路负载总能耗累计；每回路有功功率、电流、电压、无功功率、功率因数、振幅因数、频率的监测，监测数据超出预设的极限值则向总线发出警报，或对相应负载进行开关操作；③可以限定输出端最大动力负载极限值，超出限制值的输出端将被自动关闭。

4）支持 KNX 通信。

（7）智能面板（见图 9）（Sensors）Solo\Triton\Prion 系列



图 8　能源管理驱动器



图 9　智能面板

1）表面安装，VDE80 或 GB 86 底盒；

2）传感器的一种，可进行调光、开关、电动窗帘、AV 设备、温度设备等控制；

3）可进行场景化控制；

4）可使用红外遥控器对其进行控制；

5）按键带 LED 状态显示；

6）可进行远程控制权限设定；

7）支持 KNX 通信。

（8）触摸屏（Sensors）SMARTtouch/COMFORTtouch

1）表面安装，专用底盒安装；

2）传感器的一种，可进行调光、开关、电动窗帘、AV 设备、温度设备等控制；

3）可进行场景化控制、定时、闹铃；

4）可使用红外遥控器对其进行控制；

5）彩色图形化可视化控制、集中控制；

6）电邮收发、多媒体播放、RSS、手写留言、语音留言、IP 视频监控、远景监视（COMFORTtouch）；

7）内置无线网卡（COMFORTtouch 加配适配器）；

8）可以作为可视对讲室内分机使用（COMFORTtouch 加配适配器）；

9）支持 KNX 通信；

10）支持无线有线网络通信（COMFORTtouch）。

6. 适用范围

办公楼、公寓、别墅、酒店、地铁车站、机场、医院、展览场馆、商场、体育场馆等功能性建筑或住宅。

（1）住宅

①项目名称：绿地伊甸雅苑；②地点：上海；③面积：640m^2；④控制内容：照明开关和调光、地暖/VRV 空调、室内空气探测/新风系统控制、室内呼叫及背景音乐、IP 摄像监控/AV 家庭影院、IPAD 控制/场景控制、移动探测控制、SMARTtouch 触摸屏控制。

（2）酒店

1）项目名称：深圳京基 100 瑞吉酒店。

2）完成日期：2011 年。

3）套数：300 套。

4）控制区域：客房、公共区域。

5）项目简介：

①深圳京基 100 大厦，楼高 441.8m，共 100 层，是目前全球第八高楼，集超 5A 甲级写字楼、购物中心，铂金五星级瑞吉酒店于一身。

②瑞吉酒店（St. Regis）是喜达屋酒店及度假村管理集团旗下最顶级的品牌，位于京基 100 大厦 75 ~ 100 层，共设约 300 间客房。大堂位于 90 层。

6）项目控制对象：照明开关和调光、电源插座、电动窗帘及遮阳、中央空调、电视、DVD、背景音乐及多媒体电话的联动、室外气象状态的实时更新。

7）项目控制方式：SMARTtouch 触摸屏控制、智能面板控制、IPAD 无线控制/场景控制、移动探测控制、定时控制、亮度感应控制。

（3）机场

1）项目名称：昆明长水机场。

2）完成日期：2011 年 6 月。

3）项目简介：长水国际机场，是全球百强机场之一，第四大国家门户枢纽机场，航站楼单体建筑面积内地第一，世界第五。地点：云南省昆明市；总建筑面积：5 48 300m^2；年旅客吞吐量：3 800 万人次；高峰小时旅客吞吐量：12 930 人（国内 10 885 人，国际 2 046 人）；固定登机桥 64 座，68 个近机位。

4）项目特点：

①对多达 40 多种灯具进行控制：高大空间照明、屋顶顶棚照明、公共区域公共通道照明、卫生间照明、走道及楼梯间照明、大面积机房照明、标识灯箱照明、广告灯箱照明、登机桥照明……；

②采用了多种控制方式：人体感应器、光亮感应器、现场智能面板、定时器、航班信息联动、中控系统集中手动控制。

7. 典型应用案例（见图 10）



图 10　应用案例

（作者：ABB（中国）有限公司　李红华）

2.7　储能系统

FA22　基于磷酸铁锂储能的轨道交通 UPS 成套解决方案

（CS31　上海航天电源技术有限责任公司）

1. 概述

UPS 供电系统是确保轨道交通系统能高效、安全及可靠地运营的基础条件，UPS 供电系统给机房内用电设备提供高质量的不间断电源，来保证用电设备正常工作。轨道交通设备对 UPS 供电系统提出了很高的要求，高能量、高可靠性、易维护、易扩展、占用空间小、环境适应性强、节能环保均是轨道交通用 UPS 供电系统应具备的特性。现有轨道交通 UPS 供电系统基本采用了塔式 UPS 及铅酸电池，存在着使用及维护成本高、环境适应性差、故障修复时间长、系统抗电网干扰能力差、监控管理能力弱、故障数据记录简单、系统可扩展性差、能耗高、环保特性差等问题。

针对以上问题，本方案采用高性能的磷酸铁锂电池及适用于轨道交通领域的模块化 UPS 替代原有的铅酸电池及塔式 UPS，结合智能配电管理技术、磷酸铁锂电池与 UPS 一体化技术、远程监控技术等核心技术，通过系统级的配置与总成，形成一套轨道交通用 UPS 的磷酸铁锂储能成套解决方案，从整体上提高轨道交通 UPS 供电系统的可靠性、可维护性及实用性。

2. 系统组成

轨道交通用 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统主要由适用于轨道交通领域的模块化 UPS、磷酸铁锂电池组系统、智能配电屏、智能监控单元及其他组件、连接线束等组成。

典型的系统配置如图 1 所示。

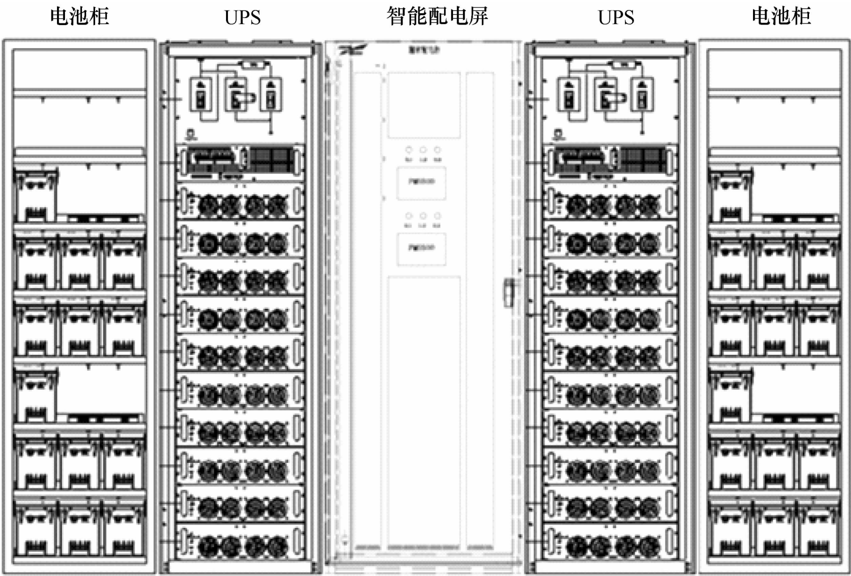


图 1　UPS 成套系统典型配置图

3. 系统原理

UPS 成套系统的原理图如图 2 所示，正常工作时，变电所 0.4kV 为 UPS 供电系统提供两路主备用电源。两路主备电源经 ATS 切换后为两台 UPS 供电，两台 UPS 各自配置一组磷酸铁锂电池组。两台 UPS 采用冗余并联均载负荷方式（1 +1 并机使用），各分担 50% 负荷；两台 UPS 冗余并机输出，经智能配电柜向弱电设备进行供电。

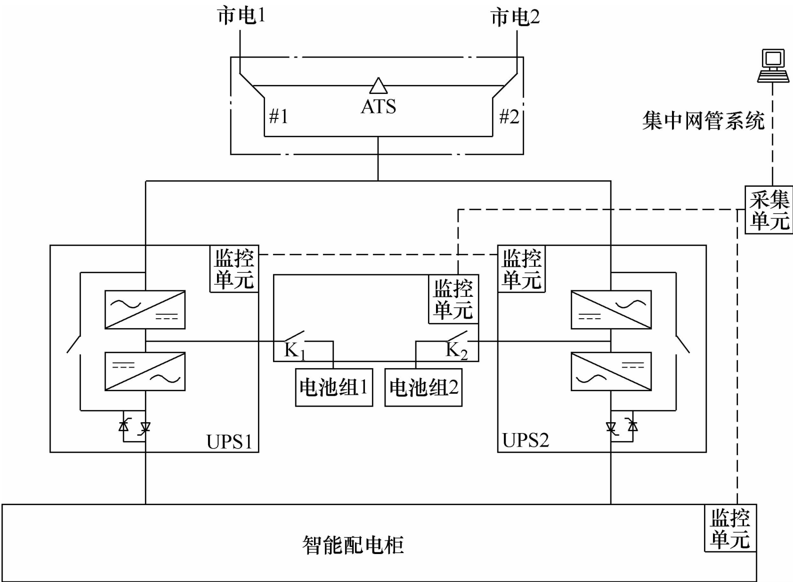


图 2　UPS 成套系统原理图

4. 功能特点

（1）磷酸铁锂电池组

轨道交通用 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统采用磷酸铁锂电池组系统作为 UPS 的后备蓄电池，磷酸铁锂电池具有体积小、重量轻、充放电倍率大、无记忆效应、环境适应性

强、无污染、使用寿命长等特点。

磷酸铁锂电池是指用磷酸铁锂作为正极材料的锂离子电池。磷酸铁锂电池的内部结构为电池的左边是橄榄石结构的 $LiFePO_4$ 作为电他的正极，由铝箔与电池正极连接，中间是聚合物的隔膜，它把正极与负极隔开，但锂离子 Li+可以通过，而电子 e-不能通过，图 3 中右边是由碳（石墨）组成的电池负极，由铜箔与电池的负极连接。电池的上下端之间是电池的电解质，电池由金属外壳密闭封装。

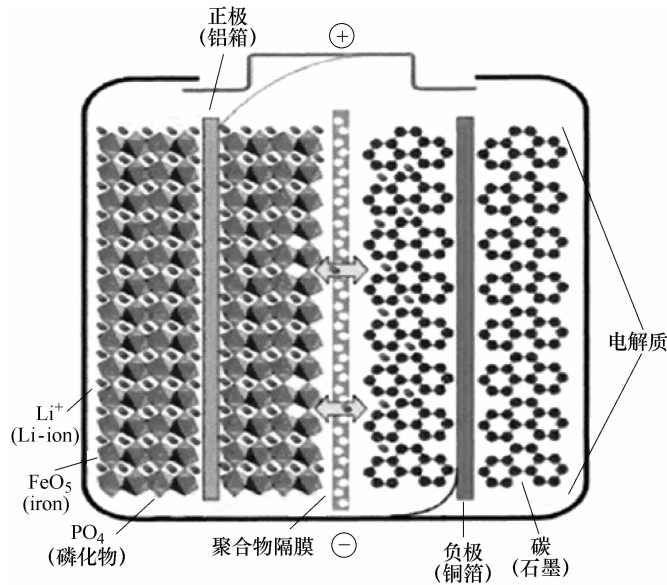


图 3　磷酸铁锂电池工作示意图

磷酸铁锂电池在充电时，正极中的锂离 Li+通过聚合物隔膜向负极迁移；在放电过程中，负极中的锂离子 Li+通过隔膜向正极迁移。锂离子电池就是因锂离子在充放电时来回迁移而命名的。

磷酸铁锂电池与其他电池的性能对比见表 1：

表 1　各种化学电池性能对比表

电池种类	铅酸电池	镍氢电池	镍镉电池	锂离子电池	磷酸铁锂电池
标称电压/V	2.0	1.2	1.2	3.7	3.2
循环次数	300	500	500	500	2 000
能量密度/(Wh/kg)	35	80	50	160	120
能量密度/(Wh/L)	80	260	150	420	310
高温特性	差	一般	一般	一般	好
低温特性	一般	一般	一般	较好	好
记忆效应	一般	有	有	无	无
环境影响	大	一般	大	小	小
安全性	较好	较好	一般	一般	好
成本	一般	较好	较高	较高	高

轨道交通用 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统中，磷酸铁锂电池采用与 UPS 的一体化设计，配备了智能的电池组管理系统（BMS），可与 UPS 之间进行信息交互，对电池状态进

行实时监控，对充放电过程进行保护，从整体上提高后备电池的可靠性。

系统示意图如图 4 所示。

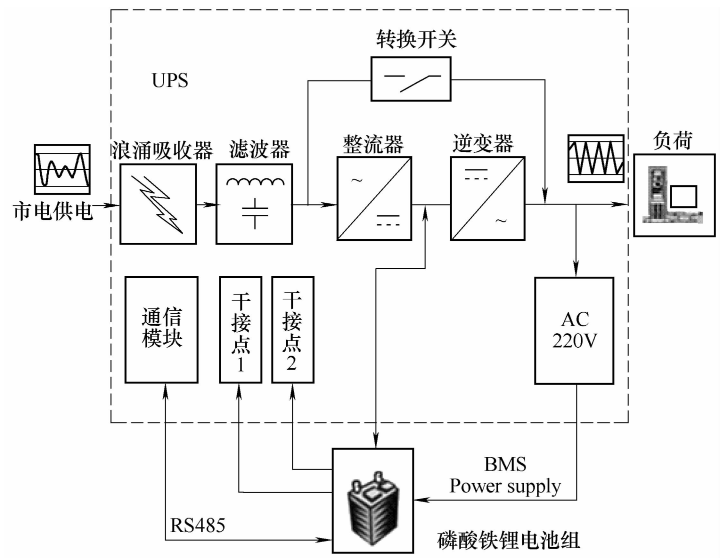


图 4　UPS 成套系统示意图

磷酸铁锂电池组系统成组采用标准模块设计，标准模块由若干个相同规格的磷酸铁锂电池单体串并联而成，电池组再由若干个标准模块串并联而成。

模块整体结构采用全模具生产。结构件采用增强、阻燃、可回收的工程塑料。壳体结构采用一体化设计，提高了组装效率和结构强度，两端设计有把手，方便搬运和维护。整体上盖采用卡扣式结构，便于组装和维护。电池固定是由模块上罩和壳体一起紧固，其中电池上罩与壳体采用防盗螺栓。具体示意图如图 5 所示。

磷酸铁锂电池组系统安装在电池柜内，电池机柜采用高强度的框架式机柜，典型的机柜尺寸为 600mm × 1100mm × 2200mm（宽 × 深 × 高）。具体示意图如图 6 所示。

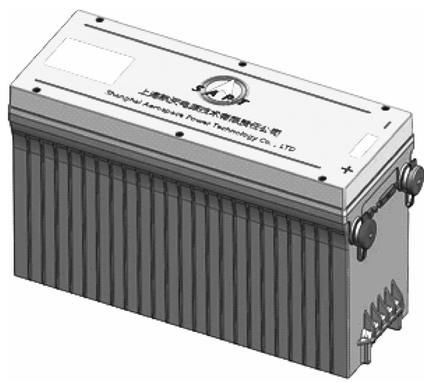


图 5　电池模块示意图



图 6　电池组系统示意图

（2）模块化 UPS

模块化 UPS 采用 20kVA 功率模块的并联技术，可实现机柜容量的灵活配置，且支持机柜间并联。单台 UPS 最多配置 1 个旁路模块和 7 个功率模块，即 6 + 1 冗余备份，共 120kVA。20kVA 功率模块的功率部分采用目前业界最前沿的三电平技术，控制技术为基于高速 DSP 的数字化并联技术，每个功率模块独立控制，故障模块自动退出系统，不会影响系统输出。功率模块包含整流、逆变、充电三个主要的功能单元。旁路模块包含集中旁路和监控单元，旁路控制的辅助电源和控制部分均为冗余设计，提高旁路可靠性。在兼具模块化 UPS 常规功能外，适用于轨道交通领域的模块化 UPS 在设计上进行了针对性的优化，实现了如下功能特点：

1）支持磷酸铁锂电池一体化设计，提高电池使用效率；

2）工作温度范围更宽，可达 45℃；

3）具有故障录波功能，便于后期故障分析；

4）核心器件高防护等级设计且与散热风道分离，适应轨道交通恶劣环境；

5）柜体局部结构优化，防止施工状态下的水滴渗入；

6）输出短路保护自诊断恢复功能；

7）模块输入抗浪涌优化设计，有效抑制电网操作时瞬态的过电压；

8）功率模块实现在线热插拔，便于后期维护更换。

（3）智能配电柜

智能配电柜是机房以 UPS 电源为中心，形成了 ATS、UPS 输入配电、输出配电、配电智能仪表于一体的设备，可为信息设备近距离提供电源，可缩短线路传输距离，并可减少占地面积。产品经过系统的模块设计、严格的选材、工业化的生产，可实现快速安装及更换，大幅提高管理运营效率，降低各项成本。

主要功能如下：

1）输入配电功能：

①采用 PC 级自动转换装置，主路优先自投自复，并可以实现手动切换，具有短路保护功能；带载转换及耐受故障电流能力高；ATS 设置 4P 手动维修旁路；

②两路切换装置自动转换或手动转换时有可靠的机械和 UPS 电源、电气双重互锁；

③可调整切换时间，最小切换时间低于 100ms，可以有效避免因输入相位错误引起的事故；

④符合 AC-33B 标准，电寿命不小于 6 000 次，机械寿命不小于 10 000 次；

⑤转换装置前端和交流输出分路装有过电流保护开关；

⑥加装防雷装置，有效避免浪涌电压的影响；

⑦输入电源电路可实现过电压、欠电压、过电流、断相保护；

⑧市电电能质量及回路状态实时监测；

⑨装置具备明显的工作位置指示、主/备电源状态指示功能及故障报警功能。

2）输出配电功能：

①对 UPS 输出的电源进行二次分配，输出至相关系统设备；

②可实现三相相位分配和平衡；

③配备分路输出电能表；

④各输出分路使用断路器作为过电流保护装置；

⑤UPS 输入输出断路器及分配断路器具有热插拔功能；
⑥输出分路断路器装有检测装置；
⑦加装防雷装置，有效避免浪涌电压的影响；
⑧数字控制分时断电功能；
⑨输入电能质量实时监测；
⑩支路状态监测；
⑪输出分路电流管理；
⑫两级声光报警。
3）监控显示及其他功能：
①具有 RS232/485/SNMP 智能通信接口，可实现各类监控；
②监测系统输入输出电压、电流、频率及各分路状态，并通过通信接口传至显示屏显示及综合监控系统；
③显示器采用全中文、菜单式，能够显示系统运行状态，可设置交流电压异常门限值，可对交流过电压、欠电压、断相、停电、输出分路故障进行告警；
④告警发生时，有声光告警信号，并通过集中监控系统上传至集中监控网管，可在故障没有排除前手动切断声音；
⑤海量数据储存，方便维护人员查阅和分析；
⑥防尘等级达到 IP30 以上；
⑦增加顶部防尘网，防水盖；有效减少粉尘虫害及水滴进入，净化机器内部环境，提升产品可靠性；
⑧机柜面板采用了防灰尘型散热网孔设计，采用自然风散热方式，充分满足机柜散热通风要求；
⑨高度集成，接地箱、电池开关、智能监控单元、远程监控系统均集成安装于智能配电屏内。
（4）综合监控
智能监控单元同时实现了对轨道交通 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统中各子系统数据的本地监测与组网及远程监控与管理。该设备结构紧凑，具备 IP30 等级保护，其简易的安装方式可以在很大程度上节省机柜的安装空间，接线也十分方便，非常适合工业领域嵌入式的应用。智能监控单元的工业级设计为自身的稳定运行提供了可靠的保障，性能得以充分发挥。高效的通信性能和无风扇的设计使得智能监控单元成为轨道交通领域应用的理想选择。
1）本地数据监测与组网：轨道交通用 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统中的各个设备内的数据监控单元通过 RS232 或 RS485 总线，把信号汇集到智能监控单元，智能监控单元接收各个设备的信号数据后，通过以太网接口将数据上传至传输网并发送到网管中心，在网管中心可以监控到各站点轨道交通 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统中每个设备的工作状况，如图 7 所示。
2）远程监控与管理：轨道交通用 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统中的各个设备内的数据监控单元通过 RS232 或 RS485 总线，把信号汇集到智能监控单元，智能监控单元接收各个设备的信号数据后，通过 GPRS 接口将数据上传至 Internet 互联网，管理人员可以通过访问互联网实时监控到各站点轨道交通 UPS 的磷酸铁锂储能成套供电系统中每个设备的工

作状况。同时一旦出现系统故障，智能监控单元会将故障信息第一时间通过短信方式发送至维保人员手机，通知相关人员立即处理，如图 8 所示。

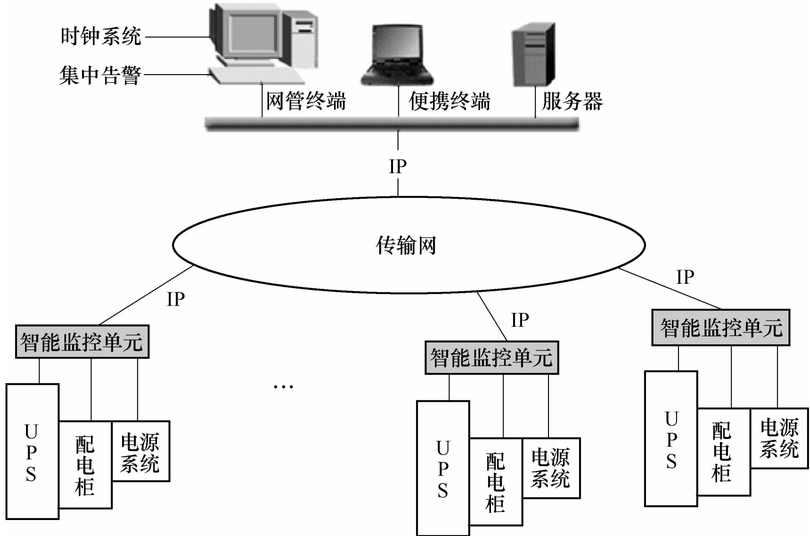


图 7　UPS 成套系统数据监测与组网示意图

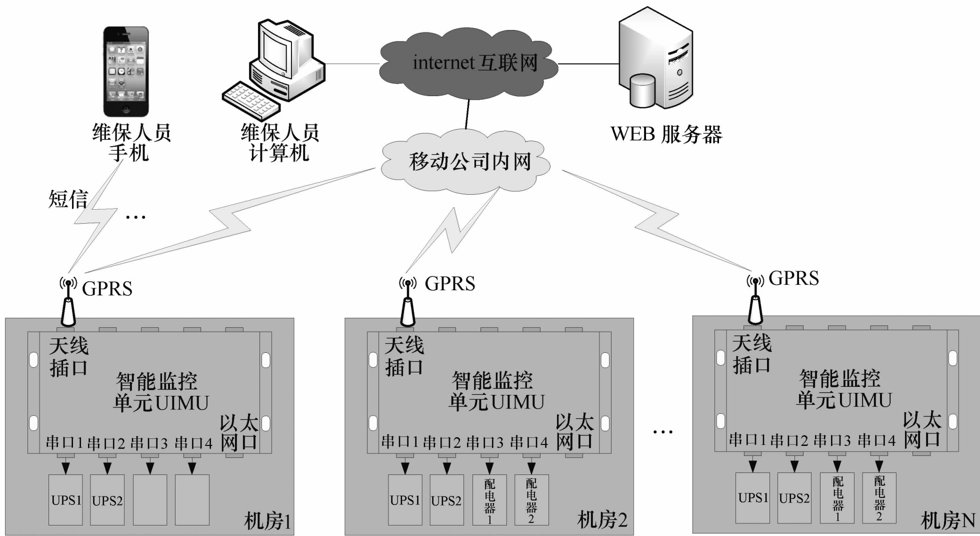


图 8　UPS 成套系统远程监控与管理示意图

5. 适用范围

适用于各类轨道交通领域 UPS 供电系统。

6. 应用案例

上海市轨道交通松江老城区公共交通配套工程 UPS 电源整合系统；

上海轨道交通 11 号线北段（二期）工程 UPS 电源整合系统；

上海轨道交通 11 号线南段工程 UPS 电源整合系统；

上海轨道交通 12 号线工程 UPS 电源整合系统；

上海轨道交通 13 号线（一期）工程和世博园区专用交通联络线工程 UPS 电源整合系统；

上海轨道交通 3 号线电源改造；

上海轨道交通 10 号线信号系统 UPS 改造。

（作者：上海航天电源技术有限责任公司　蒋新华）

FA23　电池储能系统

（CS17　杭州高特电子设备有限公司）

1. 概述

在地球自然资源日益枯竭的情形下，我国相继出台“863”和“十二五规划”等各类政策，鼓励大力发展新能源，近年来，大规模发展分布式储能系统得到了较大发展，由于电池储能系统具备灵活的有功、无功功率控制能力，因此可应用于不同的发电、输电、配电场合，起到削峰填谷、提高新能源并网能力、孤岛运行、电网调峰调频及备用电源等作用，从而推动和保障地方经济和社会的稳步发展具有重要的战略意义。

电池储能系统具有过电压、过电流、短路及其系统运行必需的各种保护功能，实现可靠、安全的充放电功能及交直流逆变过程。电池储能系统配有电池管理系统（BMS）并与微网综合监控及能量管理系统（EMS）协调、配合，接受微网综合监控及能量管理系统的运行调度。电池管理系统对储能系统中动力电池进行监控和管理，完成对储能电池单体电压、充放电电流、电池组电压、温度及其他运行参数的实时监控，并上传信号至微网综合监控及能量管理系统，具备系统运行工况的实时监控，紧急情况报警和停机的功能。电池储能系统采用三级系统架构和三层保护，分别是单体电池的管理和保护、电池串的管理和保护、电池堆的管理和保护；同时储能系统在高压侧有四层保护，分别是熔丝过电流保护、ESGU 控制的电池组串的各类保护、PCS 保护、交流配电柜断路器保护，保证了整个储能系统的安全、可靠运行。

2. 电池储能系统主要组成部分

电池储能系统主要由储能电力电池（BATTERY）、电池管理系统（BMS）、双向逆变器（PCS）以及相应的储能电站辅助设备和监控系统等组成。

（1）储能动力电池

一般采用铅酸电池、锂电池等储能电池，采用的锂电池具有高的安全性，电池不会因过充、过放、温度过高、短路、撞击而产生爆炸或燃烧。同时锂电池为绿色环保电池，不含任何重金属与稀有金属，无毒（CE 认证通过）、无污染，符合中国 ROHS 规定。所有的单体电池都已经过电池运行和检测数据平台的检测，具有相近的性能和容量。

电池采用电池柜或电池架结构固定式的安装方式，而电池接线方式为电池卡扣固定件。在利用过程中，可通过电池管理系统准确找出不符合要求的单体电池，更换为与该箱电池最为匹配的单体电池。

（2）电池管理系统 BMS

1）电池管理系统功能：实现信号高精度的采集，实现单体电压、温度、电池组端电压、电流等的采集，实现储能动力电池组的动态均衡管理、均衡策略，电池容量和健康诊断（SOC/SOH）计算；支持功能扩展和定制服务；提供自主研发数据接口。

2）电池管理系统组成：电池管理系统主要包括储能系统管理单元（Energy Storage System Management Unit，ESMU）、储能系统电池组控制单元（Energy Storage Battery Group Control Unit，ESGU）、储能系统蓄电池组监护模块（Energy Storage Battery Monitoring Module，ESBMM）。

3）储能系统管理单元 ESMU：对 ESBMM、ESGU 上传的单体电压等电池数据进行实时显示及分析，实时监测通信异常、温度过高或过低、单体电压过高或过低等报警并将记录存储，同时根据各种报警记录产生保护动作，此外可一对一实现与 PCS 主机、储能调度监控系统等进行联动控制，根据输出功率要求及各组电池的 SOC 优化负荷控制策略，保证所有电池组的总运行时间趋于一致。ESMU 实物图如图 1 所示。



图 1　ESMU 实物图

ESMU 技术指标如下：

①工作电源：DC85～265V；

②功耗：≤5W；

③单体电压采集范围：0～5V；

④单体电压采集准确度：≤±（0.2% FS+0.2% RD）；

⑤组端电压采集范围：0～1000V；

⑥组端电压采集准确度：≤±0.2%；

⑦电流采集（传感器）范围：±2000A（最大）；

⑧电流采集（传感器）准确度：≤±（0.5% FS+0.5% RD）；

⑨温度采集范围：−40～125℃；

⑩温度采集准确度：≤±1℃；

⑪电压采样周期：50ms；

⑫电流采样周期：100ms；

⑬主动无损均衡电流：1～5A；

⑭电压均衡平衡度：≤±30mV；

⑮SOC 估算准确度：≤5%；

⑯DO 触头：DC1A/30V；

⑰充电过电流保护：可根据用户要求设定过充电流大小；

⑱放电过电流保护：可根据用户要求设定过放电流大小；

⑲短路保护：动作时间<10ms；

⑳每个电池管理单元 ESBMM 最大可检测电池数：24 串；

㉑通信方式：局域网（LAN）、RS232、RS485、CAN；

㉒通信规约：IEC61850、103、CDT、POLLING 或 MODBUS 等；

㉓环境温度：−20～+80℃；

㉔相对湿度：<85%。

4）储能系统电池组控制单元（ESGU）：ESGU 主要是对各个电池箱的运行信息收集，电池箱的均衡管理运算，对电池组出现的异常及报警，根据安全处理规则的要求对电池组进行保护，确保电池系统的安全、稳定运行，当电池严重过电压、欠电压、过电流（短路）、漏电（绝缘）等异常故障情况出现时，储能系统管理单元发出命令至该单元，控制整组电池的开断，避免电池过充、过放电。ESGU 实物图如图 2 所示。

ESGU 技术指标如下：

①工作电压：DC18 ~36V（DC24V）；

②组端电压采集范围：0 ~1000V；

③组端电压采集准确度：≤0.1%；

④温度采集范围：－40 ~125℃；

⑤温度采集准确度：≤±0.5℃；

⑥绝缘电阻采集范围：≥10MΩ；

⑦DO 触头：3A/DC24V；

⑧干接点：1A/DC24V/4 路；

⑨开关量：1A/DC24V/4 路；

⑩通信接口：RS485/CAN；

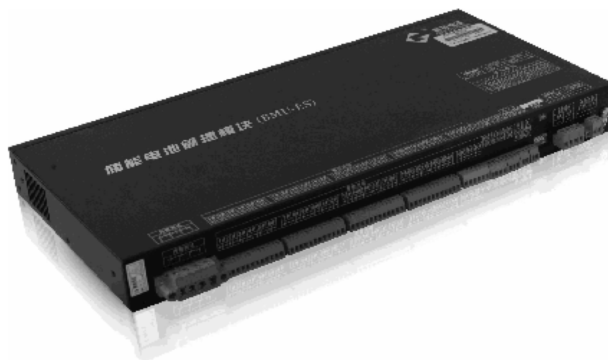
⑪尺寸及质量：270mm×124mm×40mm/3kg；

⑫安装方式：壁挂。



图 2　ESGU 实物图

5）储能系统蓄电池组监护模块（ESBMM）：ESBMM 集电压温度等电池运行信息监测采集、充电均衡管理、单体电池荷电状态（SOC）及健康状态预估、故障诊断等功能于一体。设计紧凑合理，高度集成，各单元间采用隔离技术绝缘性能好，可靠性、安全性高。每一个模块可对 24 串电池进行监测和维护，可连接多路温度传感器，储能电池管理模块之间及与储能系统管理单元之间采用 RS485 连接。ESBMM 实物图如图 3 所示。


图 3　ESBMM 实物图

ESBMM 技术指标如下：

①模块供电电压：DC24V（DC18 ~36V）；

②最大供电功率：8W；

③均衡供电电压：DC60 ~96V；

④均衡供电功率：60W（含均衡功率）；

⑤电池监测节数：24 节（单台最大支持）；

⑥电压检测范围：0.5 ~5.0V（适用于磷酸铁锂蓄电池）；

⑦电压检测准确度：±4mV；

⑧电流检测范围：0 ~ ±2000A；

⑨电流检测准确度：±0.5%；

⑩电压检测准确度：±0.1%；
⑪单体电池 SOC：≤8%；
⑫电池均衡电流：自适应（≥2A）；
⑬温度测量准确度：±0.5℃；
⑭输入绝缘电阻：≥10MΩ，500V；
⑮数据通信接口：CAN2.0/RS485；
⑯通信波特率：250kbit/s、2400bit/s、4800bit/s、9600bit/s（默认）、14400bit/s、19200bit/s 可选；
⑰现场显示方式：LED 工作状态指示；
⑱现场报警方式：一路触点输出，故障时触点闭合；
⑲现场控制方式：一路触点输出；
⑳电池维护方式：自动或远程控制（可设）；
㉑尺寸及质量：420mm×200mm×44mm/3kg；
㉒安装方式：机架、壁挂。

（3）双向逆变器（PCS）

储能双向变流器（Power Convert System，PCS）其主要功能是实现电网与储能元件间以充电和放电的形式进行交直流能量的双向流动。主要应用场合是远离电网系统的偏远地区（海岛或偏远山区等）的供电、小型微网系统（包括光伏、风电等新能源、蓄电池储能等）、智能电网中的大规模储能系统。

PCS 应用于微网系统时，可运行于并网、离网两种模式。

并网模式是指 PCS 的交流侧与电网交流母线连接，直流侧与蓄电池组等储能元件连接，根据储能元件的荷电状态，通过外接交流母线吸收释放有功对储能元件组进行充电或者放电。在并网模式下，PCS 可配合能量管理系统来实现诸多的高级应用，例如快速平滑微网系统中新能源输出功率波动、在大规模储能时的削峰填谷功能、风光储新能源互补、一次和二次调频、静态和动态无功控制、系统热备用、孤岛运行、无缝切换等。

离网运行模式是指微网系统与外部电网断开，交流侧与就地负荷连接，其作为恒压/恒频的交流电源为就地负荷提供稳定的电压和频率的交流电能的支撑。

电池组输入通过直流 EMC 滤波器和开关，接入逆变器直流母线，经三相桥式变换器，将电池组输出直流电压变换为高频的三相斩波电压，通过 LCL 型滤波器滤波变成正弦波交流电，再通过接触器、交流 EMC 滤波器和交流断路器后，送入内部交流母线。储能双向变流器会根据实际电池组的串数来设计多个 PCS 支路模块，如图 4 所示，多个模块交流侧则经过内部交流母线汇总后统一接到隔离变压器再接入 380V 电网。

（4）监控系统

监控系统一般包括如下功能：通过 61850 规约从储能站 BMS 获取实时数据，对实时数据进行分析处理，进行信号处理和电能量处理，对实时数据进行分析统计，包括各电池、电池组电压、温度、SOC 最大值和最小值统计等；建立操作控制平台，可对设备运行状态控制、电池充放电管理、保护定值整定、信号复归等；根据平台的预警设置，对数据进行预警处理；根据平台设置的保存参数对数据进行存盘处理；监控系统通过人机接口子系统为操作员提供形象直观的图形化监视和操作界面；提供全息式的事故追忆功能；基于商用关系数据库系统完成历史数据管理，提供完善的历史数据备份、转储机制；

自动生成日报表、月报表、年报表，供用户查询、打印和导出。监控系统搭建的硬件平台框架图如图 5 所示。

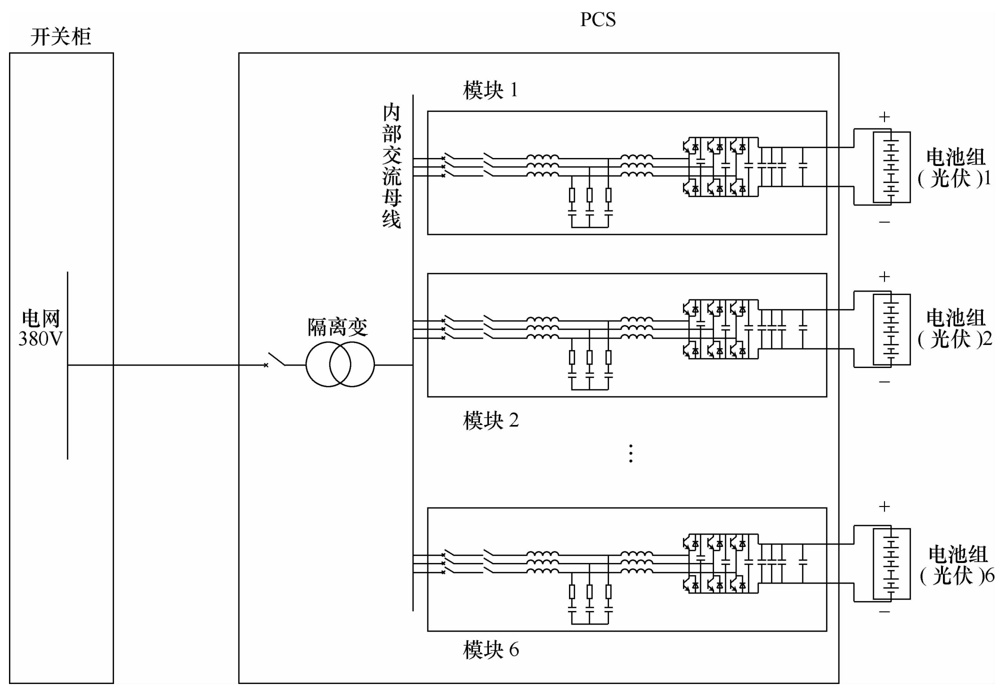


图 4　储能 PCS 结构图

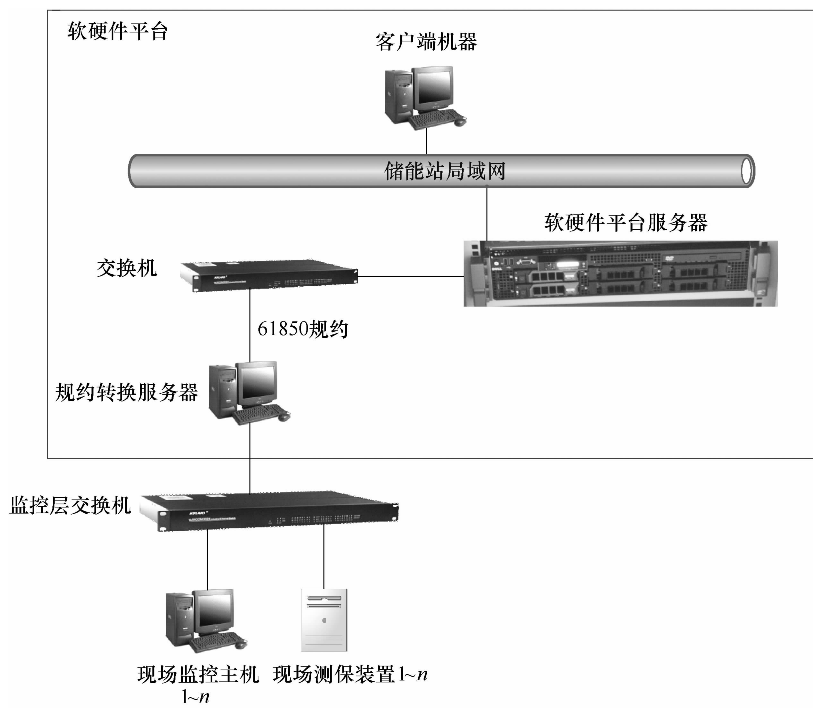


图 5　硬件平台结构图

3. 电池储能系统拓扑

储能系统架构主要由储能动力电池组、储能双向变流器、储能系统管理单元、储能系统电池组控制单元、储能系统蓄电池组监护模块、健康后台、放电负载、防雷接地系统以及其他辅助设备组成。电池储能系统拓扑图如图 6 所示。

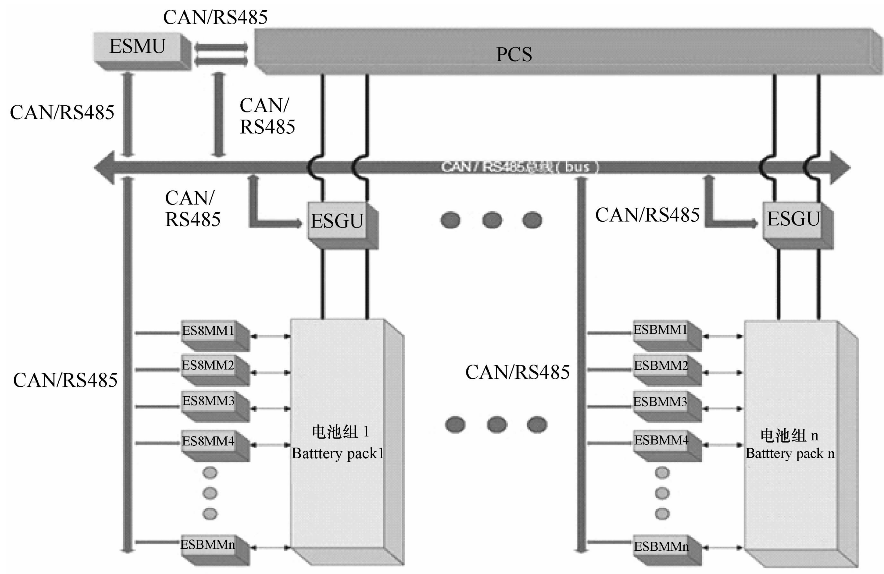


图 6　电池储能系统拓扑图

4. 电池管理系统关键技术

（1）均衡技术

单体电池由于生产工艺等原因导致各电池容量与性能的差异，在对电池组进行充放电的过程中，必然会扩大这种差异，充电时，容量小性能差的电池会出现过充现象；放电时，容量小性能差的电池又会有过放现象；电池组容量利用率会越来越低，长此以往，这种恶性循环过程将加速电池的损坏。因此为了进一步提高电池组的容量利用率，同时提供长期稳定的功率输出，尽可能减小不一致性对电池组循环使用寿命的影响，就需要对电池组进行均衡管理，尽可能改善电池组的一致性。均衡电池多种多样，均衡方式也各有不同，本公司采用的一种均衡电路图如图 7 所示。

一般均衡电路都需要均衡策略进行配合，通过均衡策略找到需要进行均衡的单体电池。均衡策略在电池组运行过程中，可以实时的对采集得到的电压、电流、温度等电池数据进行分析，同时结合不同充放电状态下的电池特征数据挑选出电池组中需要进行均衡充电及均衡放电的单体电池。本公司均衡策略的基本流程框图如图 8 所示。

（2）电池容量诊断算法

下面给出一种容量诊断算法方案：

对需计算的锂电池短时核对性充放电曲线与后台特征曲线进行欧氏距离和相关系数的计算。

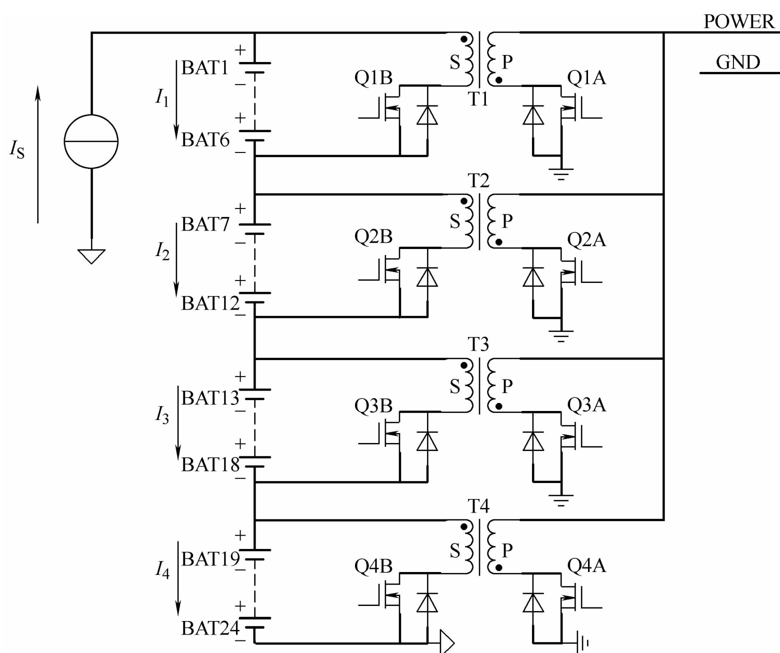


图 7　均衡电路图

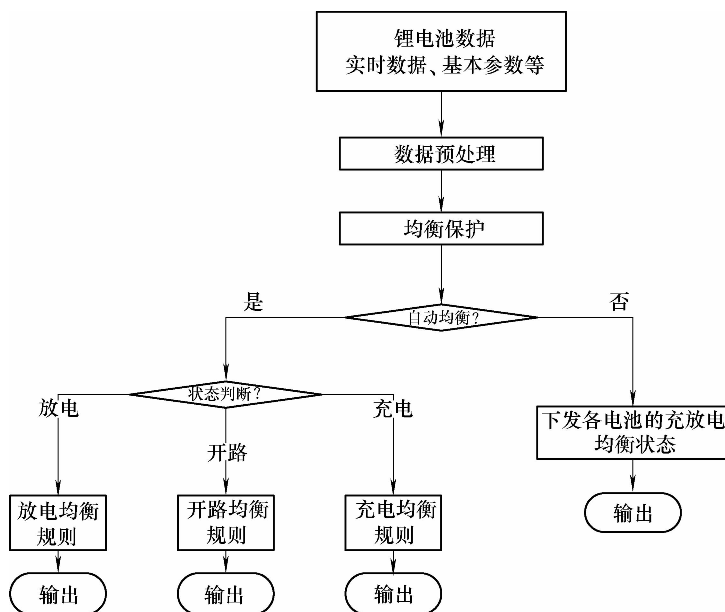


图 8　均衡策略基本框图

所述的相关系数按下式计算得

$$G1\{V_i(SOC_j),U(SOC_j)\} = \frac{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\{|[V_i(SOC_j)-\overline{V_i(SOC_j)}]|\times|[U(SOC_j)-\overline{U(SOC_j)}]|\}}{\sqrt{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}[V_i(SOC_j)-\overline{V_i(SOC_j)}]^2}\times\sqrt{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}[U(SOC_j)-\overline{U(SOC_j)}]^2}}$$

所述的欧氏距离按下式计算得

$$G2\{V_i(SOC_j),U(SOC_j)\} = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}[V_i(SOC_j) - U(SOC_j)]^2}$$

式中，$V_i(SOC_j)$表示曲线库中第 i 条标准曲线 SOC_j 对应的充电或放电电压值，$i\leqslant$曲线库中的曲线数；$U(SOC_j)$表示待测蓄电池 SOC_j 对应的充电或放电电压值；$\overline{V_i(SOC_j)}$表示曲线库中第 i 条标准曲线参与计算的各 SOC_j 对应的充电或放电电压值均值；$\overline{U(SOC_j)}$表示待测蓄电池参与计算的各 SOC_j 对应的充电或放电电压值均值；SOC_j 表示曲线选取的第 j 个 SOC 值；m 表示曲线特征数据点数，$1\leqslant j\leqslant m$。

当计算的相关系数及欧氏距离达到一定条件时，认为本次匹配成功，该后台特征曲线对应的健康状态可认为是该电池现有的健康状态。

下面对上述算法进行具体说明：

第一步：建立蓄电池充放电曲线库，是将不同属性蓄电池的完整充放电曲线作为标准曲线放入曲线库中，其中完整充电或放电曲线为电池满容量下的完整充电或放电曲线，蓄电池属性包括电池类型、电池标称容量和电池标称电压。

第二步：采集某时段待测电池充电或放电曲线，是采集需要检测的蓄电池在某时间段内的充电或放电曲线（一般情况在该时间段内容量的变化量大于 20% 的额定容量）。

第三步：模式识别，是逐一计算待测电池充电或放电曲线和曲线库中标准充电或放电曲线的相关系数，通过相关系数的匹配规则得到所需的匹配曲线并归为第一类标准曲线；再逐一计算待测电池充电或放电曲线和第一类标准曲线的欧氏距离，通过欧氏距离的匹配规则得到所需的匹配曲线，根据匹配曲线计算待测蓄电池的容量。所述相关系数的匹配规则为相关系数在 0.95 ~1 范围内的标准曲线为匹配曲线，所述欧氏距离的匹配规则为曲线间的最小欧氏距离。

进而通过匹配曲线所对应的电池容量输出待测电池的容量，若不符合匹配条件，即匹配曲线数量为零，则需采集待测电池的完整充电曲线和放电曲线，并将该完整充电和放电曲线放入曲线库中作为标准曲线；若匹配曲线数量大于 1，则待测电池的容量为各匹配曲线对应容量值的平均值。该算法的流程如图 9 所示。

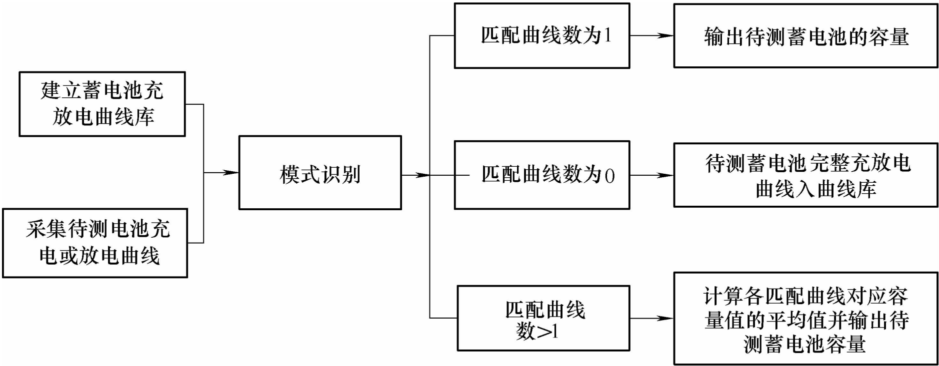


图 9　基于模式识别技术的电池容量诊断算法流程

（作者：杭州高特电子设备有限公司　刘爱华　王浩）

FA24　电网调频用 LpTO 电池储能系统

（CS47　微宏动力系统（湖州）有限公司）

1. LpTO 粉体技术

LTO 作为负极活性物质在锂离子电池的应用中具有优秀的结构稳定性和快速充放电能力。然而，在充放电过程中由于 LTO 电池的副反应导致的产气问题大大影响了该电池的寿命及限制了其大规模应用。

研究发现，通常情况下的产气都源自于发生在 LTO 材料表面的化学副反应。在充放电过程中电解液与 LTO 材料的副反应生成具有还原性的锂盐。在充电过程中，该还原性锂盐会被氧化并生成 H_2O、CO、CO_2、C_2H_4 和 C_3H_6 等副产物。这些副反应使得电池内部持续产生气体并最终加速了电池的衰减。为了解决上述问题，微宏公司的研究团队对传统的 LTO 粉体进行了改性，在粉体表面包覆了一层低化学反应活性但是具备良好锂离子传导能力的材料，以隔绝电解液与 LTO 材料之间的接触，从而避免了电池在充放电过程中副化学反应的发生。新开发的 LTO 材料称为 LpTO 材料（见图 1）。

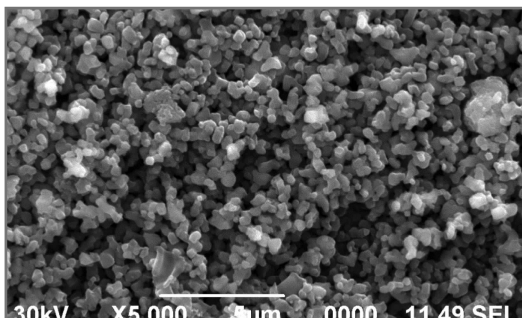


图 1　LpTO 粉体的扫描电镜图片

使用 LpTO 粉体作为负极活性物质及配合镍钴锰三元材料为正极活性物质设计的电池具有优异的循环寿命和使用寿命。室温下 6C 充电 6C 放电条件下持续进行了两年的 100% DOD 循环测试，图 2 所示为该测试的结果。可以看出，在进行了 25 000 次深度充放电循环后，电池的放电容量保持还有大约为 75% 的初始容量。

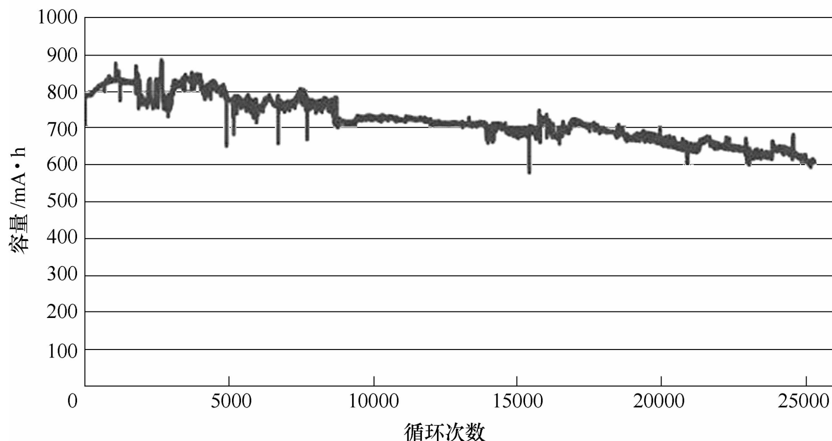


图 2　NCM-LpTO 电池的循环寿命曲线

2. 集装箱式储能系统设计

储能系统采用 23V 60Ah 的标准模块（见图 3），电芯配置为 10 串 6 并。采用了全方位

保护的支架设计支撑和保护电芯，电芯之间的电连接采用全自动激光焊接保证产品的稳定性。加强的散热翅片设计保证了在大倍率循环下的电池散热。内部整合的带自动均衡功能的LECU单元用于模块内电芯状态的测量及对外的通信。模块外部提供了模块的安装组件、动力连接器、通信连接件等。

模块安装采用了抽屉式结构，如图4所示，配合导轨的使用使得模块的安装和更换十分便捷。所有电气连接设计为盲插结构，在模块插入电池架后即完成了模块的所有电气连接。整体布局简单整洁。系统有两组电池单元构成。每组单元为1000V 60Ah，两组电池单元通过并联连接。系统最大持续充放电功率达到500kW。



图3　LpTO模块示意图



图4　LpTO模块安装示意图

电池系统、消防系统、空调系统、监控系统、控制中心、数据服务器等整合在集装箱内，确保电池系统在运行过程的安全、稳定和可靠。本地服务器可以将系统运行数据通过以太网上传至监控中心供实时监控，对运行过程中发生的故障及报警信息可以第一时间发送给监控中心管理人员。

集装箱（见图5和图6）尺寸选用20in（英尺）的标准集装箱。并通过集装箱运输鉴定和认证。集装箱系统可以作为整体单元进行运输。所有连接均可以在集装箱外部的接线箱完成。接线箱带玻璃视窗，可以方便观察内部开关装置的状态。AC输入回路设计及DC输出回路设计均有手动断路装置，以方便系统断电维护。同时集装箱外部还设计有指示面板，对整个系统内的关键设计状态进行指示，确保系统运行过程中各关键设备的监测。



图5　集装箱内部示意图



图6　储能集装箱外部示意图

3. LpTO 电池储能系统北美快速调频市场的应用

PJM 是北美地区最大的互联电力系统，总装机容量为 106 000MW。为了保持发电和负荷的持续平衡，维持系统频率（见图 7），必须提供调节和频率响应服务。此外，PJM 还在执行负荷响应计划，如系统的 LMP 很高或者紧急情况发生时，用户做出反应减少负荷可以获得回报。而 LpTO 电池储能系统由于具备优异的循环寿命和倍率性能可以很好地满足该调频市场的工况。

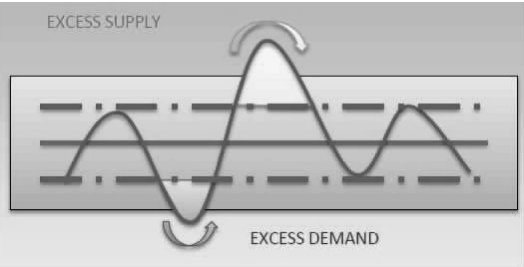


图 7　调频应用示意图

PJM 工况下 LpTO 电池系统的电流响应曲线如图 8 所示。从图中可以看出，调频应用中电流响应非常频繁，对储能系统的功率要求非常高，而对能量需求小，因此低容量高倍率的系统设计一方面可以满足电网对功率的需求，另一方面较小的电池容量可以有效地减低储能系统的成本。

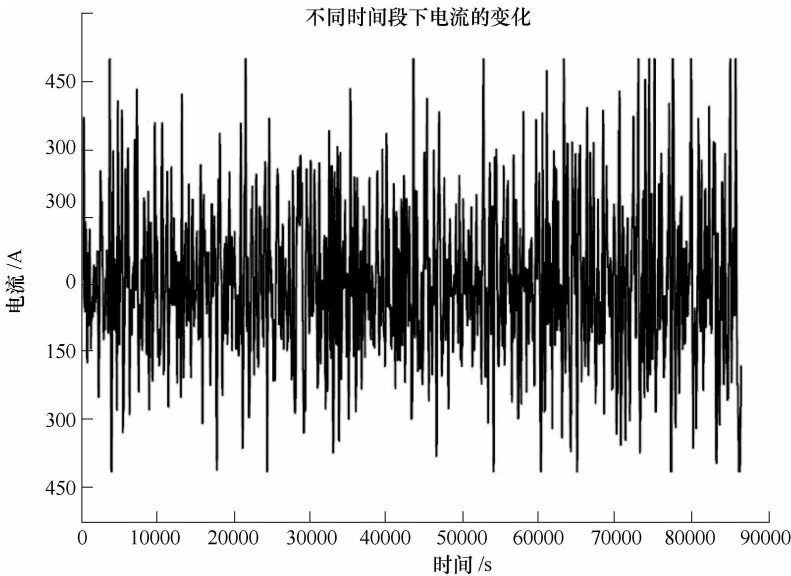


图 8　LpTO 储能系统在 PJM 调频中的电流响应

统计数据还发现，该工况下电池的按时输出率非常高，达到了 1800Ah/天。折算成电池循环的话约为 10 次/天。一年使用时间对电池循环的要求（折算成 100% DOD，考虑不同 DOD 循环的寿命因子）达到了 2500 次以上。具备 25000 次循环寿命的 LpTO 非常适合用于此高循环寿命要求的工况。

4. 小结

基于先进的 LpTO 粉体技术和电池系统设计和管理，微宏公司开发快速响应电池储能系统应用于北美调频市场。数据表明，调频市场的应用对储能系统的功率特性和寿命特性有严格的要求。而微宏 LpTO 电池系统正好能吻合调频市场对储能系统的严格要求。可以展望在调频市场，LpTO 电池将会有广阔空间和极佳的表现。

（作者：微宏动力系统（湖州）有限公司　赵彪）

2.8　分布式可再生能源系统

FA25　分布式电网中变流器谐振谐波抑制方案

（CS42　深圳市禾望电气有限公司）

1. 概述

风力发电在前期发展过程中，都以并入大电网为主要应用类型，根据常规风电设计应用经验，风电在电网中所占的比例以10%为安全稳定比例，风电比例过高会造成电网波动，风力机振荡等引起电网不稳定和风力机无法稳定运行。随着风力发电的快速发展，风电在分布式电网中应用的需求越来越强烈，国家能源局在2011年即发文关于分散式接入风电开发通知："据我国风能资源和电力系统运行的特点，借鉴国际先进经验，在规模化集中开发大型风电场的同时，因地制宜、积极稳妥地探索分散式接入风电的开发模式，对于我国风电产业的可持续发展意义重大。"针对分布式电网的特点，禾望电气在变流器设计中进行了优化，针对现场应用所遇到的问题进行了深入分析，成功实现在分布式电网中的稳定运行。

2. 研究背景

霍林河风场位置在内蒙古霍林格勒市郊，由中国风电承建，中电投为最终业主。该地区有丰富的煤矿资源，中电投在该地有多个自营火电厂，利用这些火电厂和风电组成局域电网为自营的冶炼铝厂供电，构建霍林河循环经济示范工程。根据了解到的情况，中电投计划自备火电总容量180万kW，计划风电80万kW，为自营一二三期铝厂供电，最终自己组成微网运行，不与大电网挂网。当前已建成火电约60万kW，2014年中再投入60万kW火电，已经确认建设风电30万kW，由东汽供应，采用2MW双馈机型，变流器由禾望电气提供。目前已经建设投运风电20万kW，剩余10万kW预计2014年低并网。

微电网运行是中电投和电科院、东汽、清华以及禾望几家联合做的一个研究项目，旨在自成电网系统，自发自用，摆脱对电网的依赖。禾望电气作为变流器供应商参与变流器并网适应性研究。霍林河电网除了微电网外，还有负荷为铝厂整流载，电网污染严重情况。系统去年试运行了一段时间微电网模式，风场出现两次大范围脱网事故，脱网故障为主控报电网相角偏差大，造成变桨部分器件损坏。

风电场接入电网拓扑图如图1所示。

3. 分布式电网中风机运行问题

（1）风电场无功问题造成弃风损失电量

风力机并入大电网情况风场侧，当负荷大于12万kW的时候，由于铝厂侧林扎线功率因数不合格（0.67），调度要求限电，造成风场弃风电量损失很大。风电场4台SVG（静态无功补偿装置）都满发，也满足不了电网功率因数合格的要求。禾望公司针对分布式电网提供的变流器具备无风下网侧并网，可支持电网无功以及并网最大功率因数达到0.9的能力，风场可以充分利用变流器自身能力实现接入电网无功补偿，有效改善风场电网功率因数。

（2）风力机并入局域网出现的故障

1）相角偏差大造成主控停机保护：2013年12月06日10时12分06秒，夏营地风电场十台风力机报"电网相角差值过大"故障停机，其余备用风力机也均报"电网相角差值过大"故障。联系调度，得知三期铝厂侧调整140MVA整流变，造成电网电压谐振突变。而

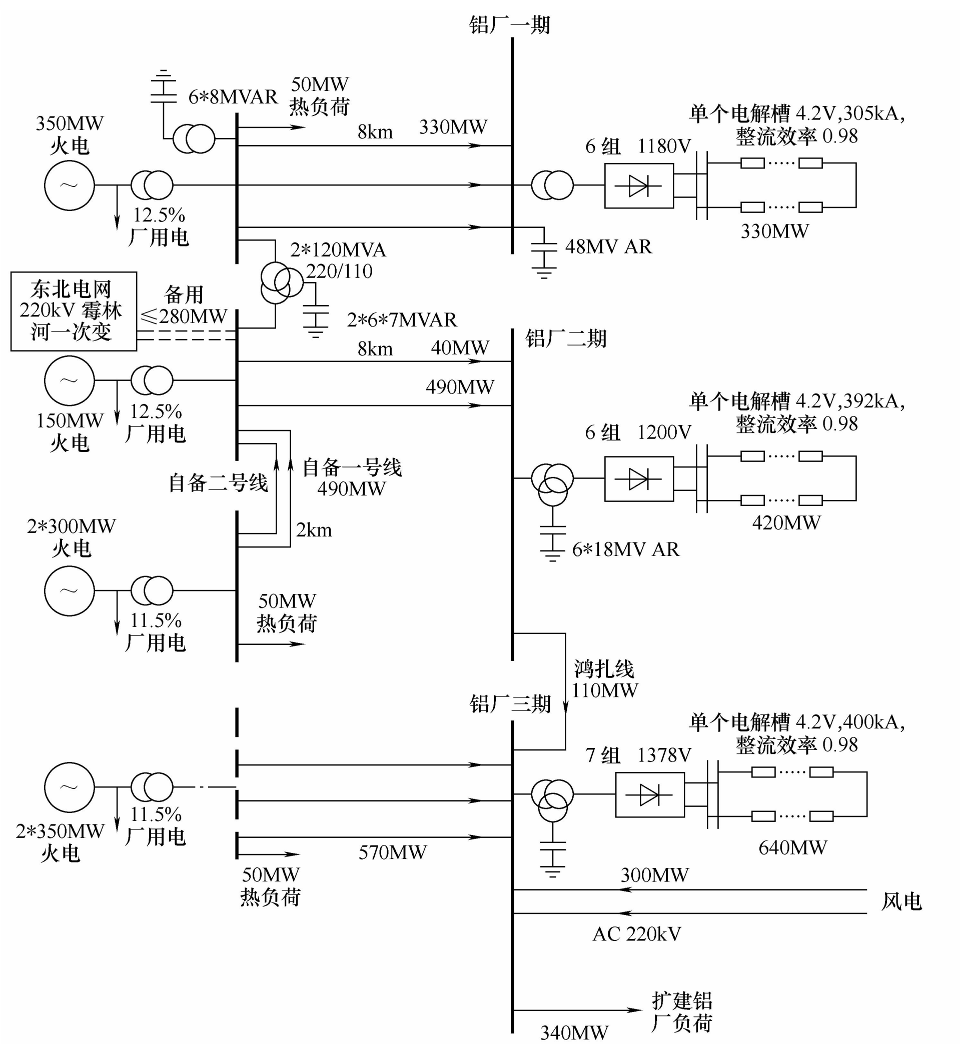


图 1　风电场接入电网拓扑图

风力机系统“电网相角差值大”设定为 10 度动作停机，当电网电压发生较大波动时，达到设定值导致风力机脱网。

2）谐波大引起变频器故障跳机：2013 年 12 月 09 日 11 时 20 分起，夏营地风电场 18 台风力机报“变频器故障”停机，经分析发现故障时刻风场电网发生谐振，造成变流器检测到电网谐波过大引起滤波电容过电流，触发保护动作。

4. 分布式电网下谐振类型分析

据统计：

1）大电网电压背景谐波分析：11、23 次为主，总 THDU（电网电压谐波）=0.7%。

2）微网电压背景谐波分析：3、5、11、13、19、23、25、35 次为主，THDU = 1.2%。

分布式电网下谐波含量较高，谐波频次丰富。

（1）弱网谐振问题

风电并入微网后变流器容易报“网侧滤波电容过电流”故障。分析变流器故障录波波

形，发现在故障时刻低压侧电网谐振，电压谐振波形如图 2 所示。电网振荡频率在 19 次附近，谐振仅发生在低压侧。分布式电网由于电网较弱，造成风机变流器前段等效阻抗较大，风机端口的短路容量相对较小，因此造成风力机运行时容易发生电网谐振。

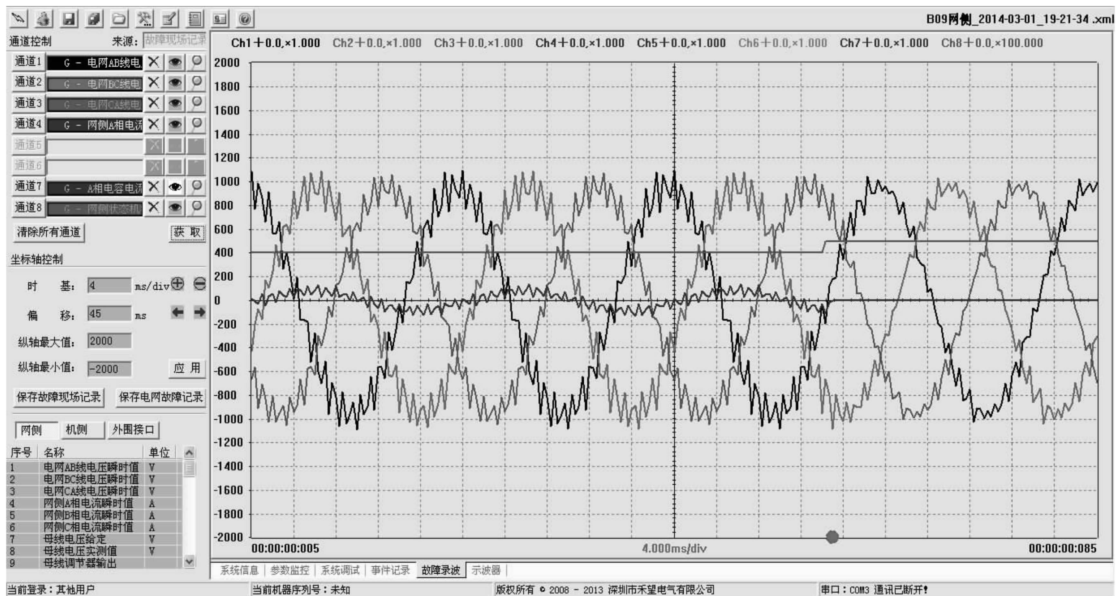


图 2　变流器故障录波

（2）电网高频谐波问题

分布式电网中由于铝厂谐波污染，电网电压和风力机出口电流、网侧电流、转子电流上存在较大的 25、26 次谐波。图 3 为录波器记录的风场三相电网相电压（黄、紫、蓝）和网侧电流（红色）、转子电流（深蓝色）以及风力机上网电流（绿色）。

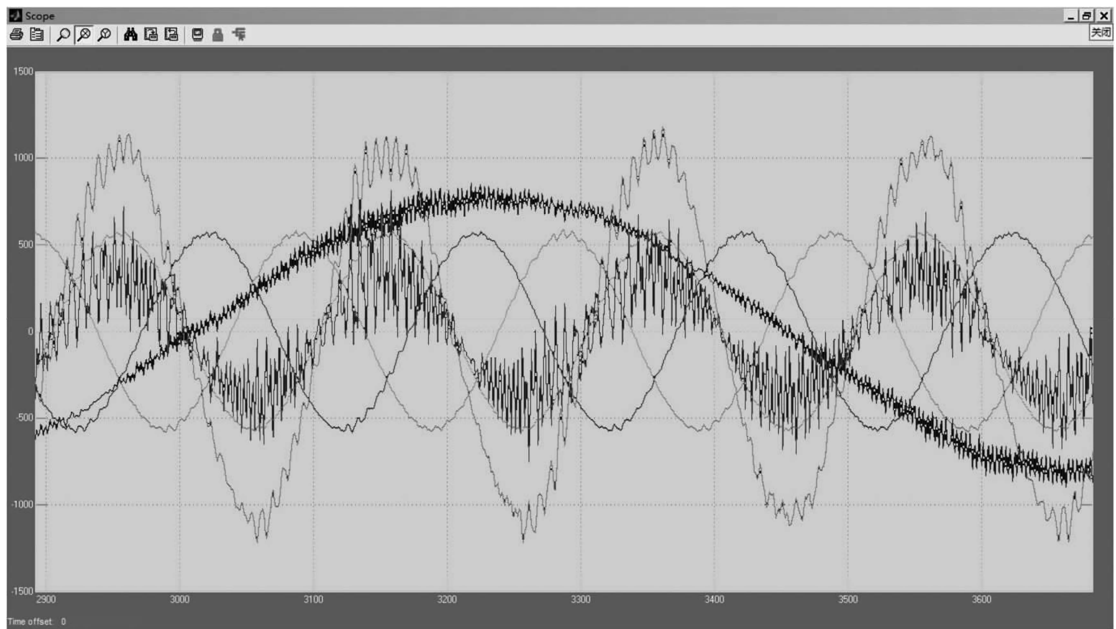


图 3　录波器记录的电流波形

电网电压 FFT 分析：电网电压总谐波不大，但在 25、26 次上存在明显谐波（见图 4）。

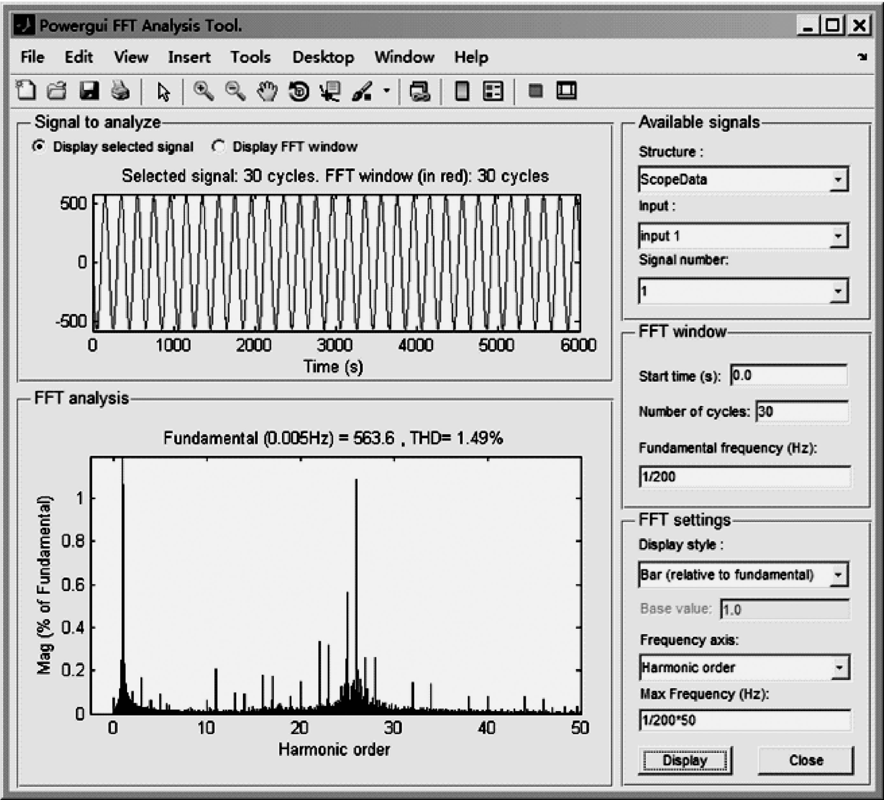


图 4　谐波分析

电网上的高频谐波在变流器（风机系统）电容上会产生较大谐振电流。从变流器运行来看，较高次的谐波对控制影响不大，但会在滤波电容上产生危害。

（3）高压电网谐波问题

从图 5 中可以看出主变空载运行方式下，220kV 母线电压中存在 24% 的 11 次谐波电压和 3% 的 13 次谐波。从以上波形来看，高压侧电网存在较大谐波时，由于谐波比例很高，对风力机系统运行存在较大危害，变流器自身具有电网异常保护，可以及时脱开前端断路器包装变流器自身的安全，那些脱不开电网的变桨，主控等可能会受到破坏性影响。

5. 解决方案

针对分布式电网中存在的以上三种类型谐波和谐振情况，变流器需要针对性地采取优化控制策略，调整系统结构，增加保护逻辑等措施，适应分布式电网的环境，实现可靠稳定运行。

（1）针对弱网谐振问题

由于该谐振主要由于分布式电网存在短路容量小、等效阻抗大特性，当风机变流器投入运行时，风力机变流器的 LC 滤波回路容易与电网等效电感产生谐振，因此变流器需要调整控制参数，优化内部 LC 滤波器参数，避开谐振频率，以消除谐振，适应背景宽范围的谐波

分布，避免电网谐振发生。图 6 所示为双馈风力机变流器拓扑，方框内为变流器滤波器；图 7 所示为系统优化配置界面。

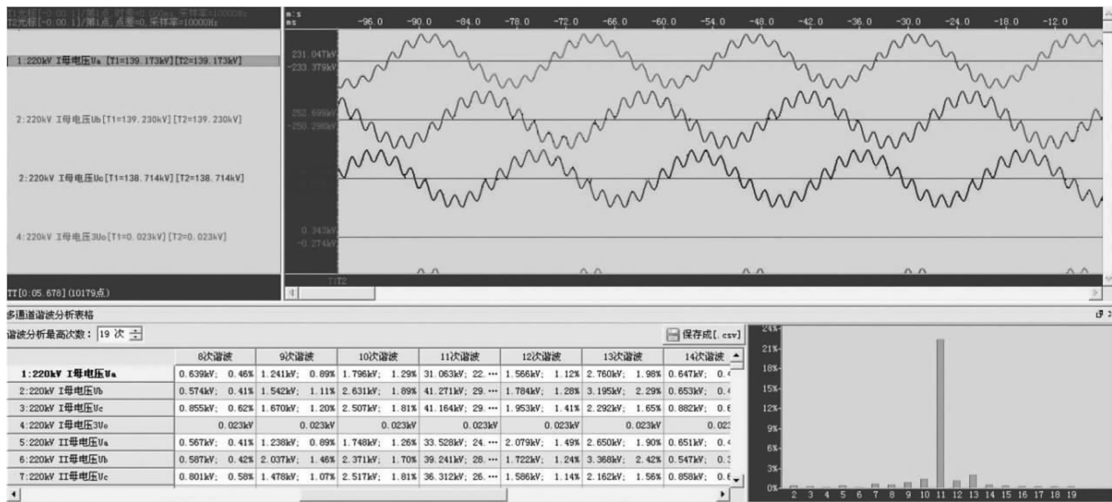


图 5　主变空载录波图

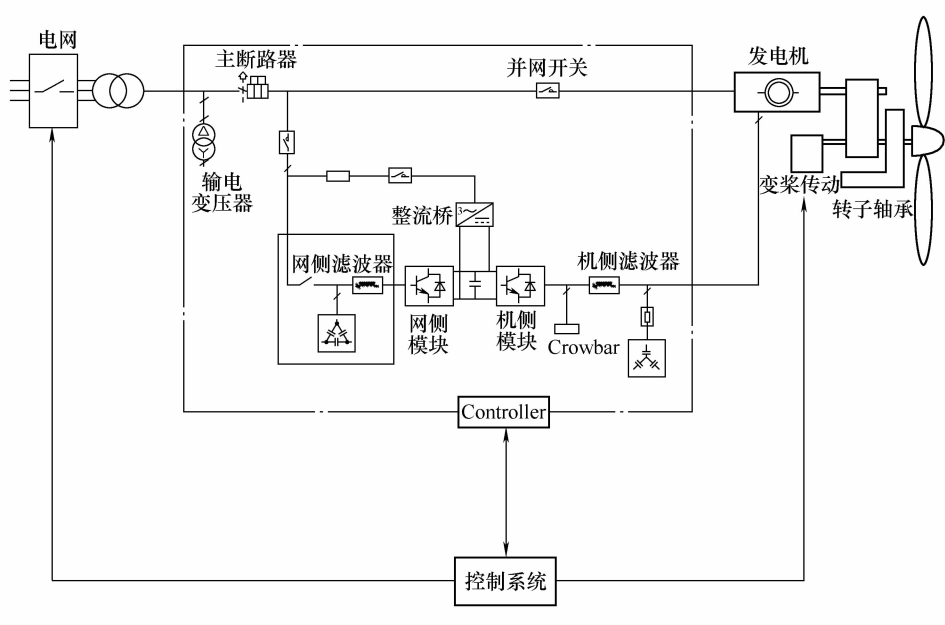


图 6　双馈风力机变流器拓扑

（2）针对电网高频谐波

电网高频谐波对风力机的运行控制不会产生影响，但高频电压谐波在变流器的 LC 滤波器上产生较大的谐波电流。该谐波电流对电容影响较大，不加抑制会造成电容发热引起故障。通过在 LC 滤波器上串入电阻，增加滤波器阻尼，可以有效减小滤波电容上的电流，因

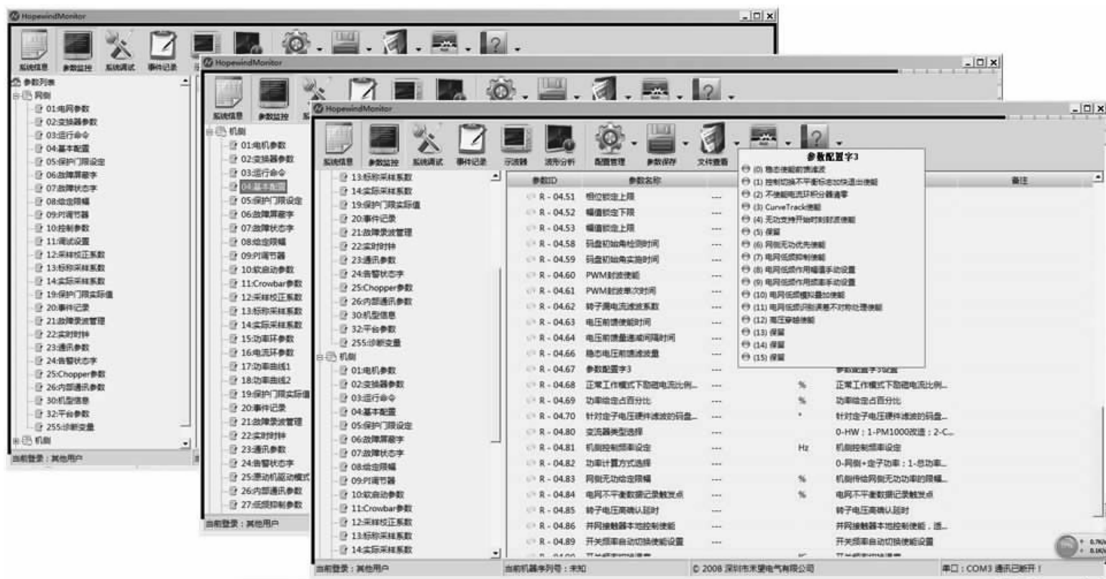


图 7　参数优化配置表

此分布式应用变流器需要根据谐波情况优化 LC 滤波器为 LRC 滤波器。

（3）针对高压电网谐波问题

变流器增加电网谐波含量过高告警信号，通过判断当前电网上谐波情况，给出告警信号，主控利用该告警信号减载停机，保护风力机系统不受电网异常破坏。

6. 现场验证

通过以上优化控制方案，分布式电网下风力机变流器可以稳定并网运行，各项运行指标满足技术要求。

弱网运行下风力机满发时，变流器运行稳定，Fluke 测量电流谐波 THDI = 1.7%，满足 <5% 指标要求（见图 8 ~ 图 11）。

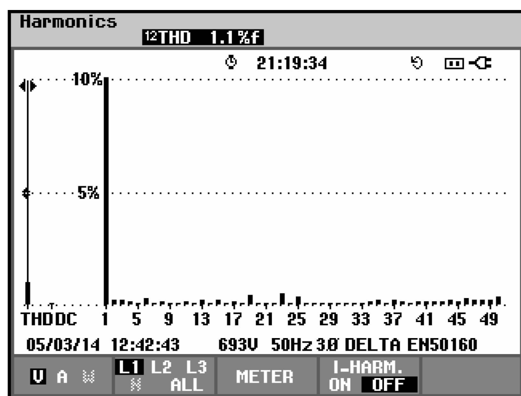


图 8　电压谐波

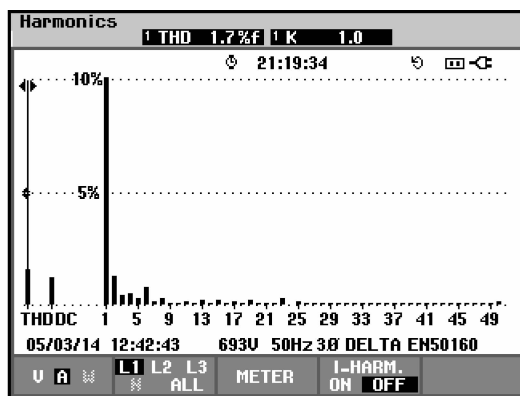


图 9　电流稀薄

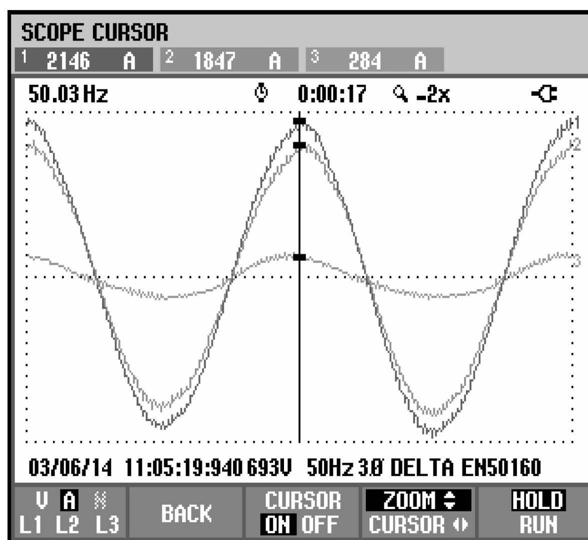


图 10　电网电压、上网电流和网侧电流波形

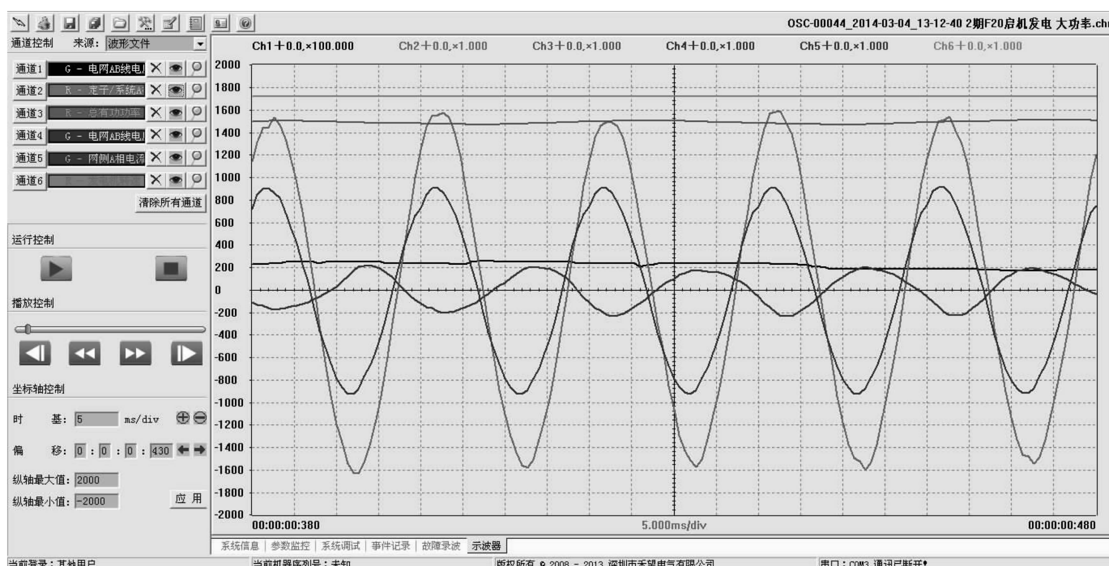


图 11　大功率下后台示波器记录的运行波形

7. 结束语

分布式电网一般存在电网较弱，谐波较大等情况，同时分布式电网容易受特殊负荷谐波污染，为保证风力机变流器在分布式电网中的稳定运行，需要针对电网的谐波情况和风力机谐振情况，分析谐振类型，针对不同的谐振类型，采取相应的解决方案。通过优化改造，禾望变流器在具有典型分布式电网特色的霍林河风场成功稳定运行，为后续分布式电网大范围应用积累了经验。

（作者：深圳市禾望电气有限公司　王琰）

FA26　分布式能源的云智能管理解决方案

（CS56　中科恒源科技股份有限公司）

1. 概述

分布式能源的云智能化管理可以让新能源的使用有较大的调节、控制与保证，有效提高各种新型能源在实践中，能够得到充分利用，非常适合对发展中区域及商业区和居民区、乡村、牧区及山区提供电力、供热及供冷，大量减少环保压力。总之，分布式能源系统可满足特殊场合的需求，为能源的综合梯级利用提供了可能，为可再生能源的利用开辟了新的方向，并可为提高能源利用率、改善安全性与解决环境污染方面做出突出贡献。

2. 系统组成

（1）系统架构

分布式能源的云智能化管理解决方案现已涉及通信技术、控制技术、计算机技术、数据库技术、地理信息系统技术等多学科综合应用，并结合实现方法、成本控制等多方面的考虑。我们以应用最广泛的针对风光互补路灯云智能管理为例，设计出该解决方案的拓扑结构，如图 1 所示。

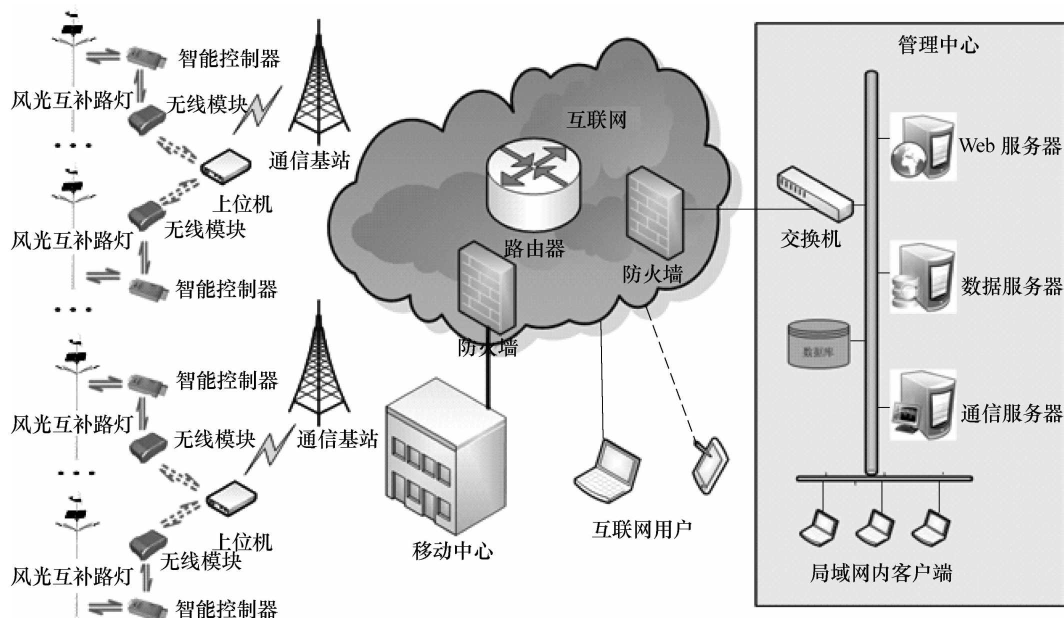


图 1　系统拓扑图

（2）云智能管理

整个系统由无线通信设备和云智能管理中心所组成。云智能管理中心由四个子系统构成，包括通信服务子系统、数据服务子系统、地图服务子系统和管理平台子系统。整个云智能管理系统架构如图 2 所示。

3. 系统功能

1）远程管理：云智能管理解决方案的软件系统基于 C/S 和 B/S 架构设计，在全球任何地方使用互联网即可登陆本系统，实现分布式能源的信息化集中管理。

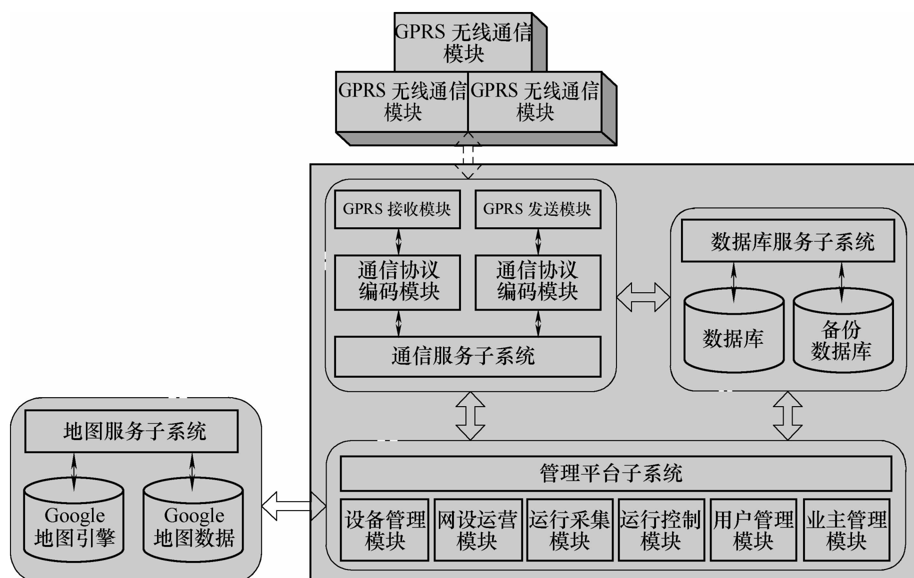


图 2　云智能管理系统架构图

2）实时遥控：通过云智能管理系统对设备进行控制，如读取电流、读取电压、设置参数等，足不出户即可远程操作。

3）自动巡检：实现 24h 在线无人值守，自动上传部件的异常和警告，如风机异常、太阳能板异常、蓄电池异常、负荷光源异常等，节约维护环节的人力和物力。

4）智能报警：对于紧急信息，通过邮件和短信形式的方式通知管理人员和业主用户，提高售后服务的实时性和有效性。

5）统计分析：远程测量设备部件的运行工况信息，为发电、用电提供分析数据、零部件故障提供统计，指导分布式能源产品的设计和改进。

4. 关键设备描述

（1）并网型微逆变器（600W/300W）（见图 3）

产品类型：电控类产品（微逆变器）

太阳能光伏组件产生的直流电能，经逆变器转换为交流电能，可以自发自用供本地负荷使用；也可以把电能并入公用电网，进行电能交易。



图 3　微逆变器

（2）无线模块/上位机（见图 4）

产品类型：监控类产品（网设运营子系统）

无线模块：负责对终端设备（如控制器）进行数据采集及存取，通过本地无线组网的方式，实现终端设备与上位机之间的无线通信。

上位机：通过 GPRS 模块以无线方式与云智能管理中心进行数据通信，通过本地 2.4G 无线通信方式，与无线模块组成一个网状结构网，实现云智能管理中心与终端设备的无线通信。

（3）通信电源监控器（见图 5）

产品类型：监控类产品/本地监控产品

通信电源监控器可对风机控制器、光伏控制器、蓄电池等分布式能源设备进行监控，构成分布式能源的云智能管理解决方案的通信电源监控系统。

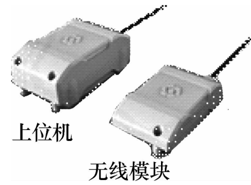


图 4　无线模块与上位机



图 5　通信电源监控器

5. 通信架构及采用的通信协议

通信架构是整个系统解决方案的核心，用于实现终端设备和云智能管理中心之间的数据通信，包括接收和存储新能源设备上报的状态数据，接受和发送管理中心的控制指令，以及所有通信节点的调度和管理等各项功能。云智能管理系统通信架构如下图 6 所示。

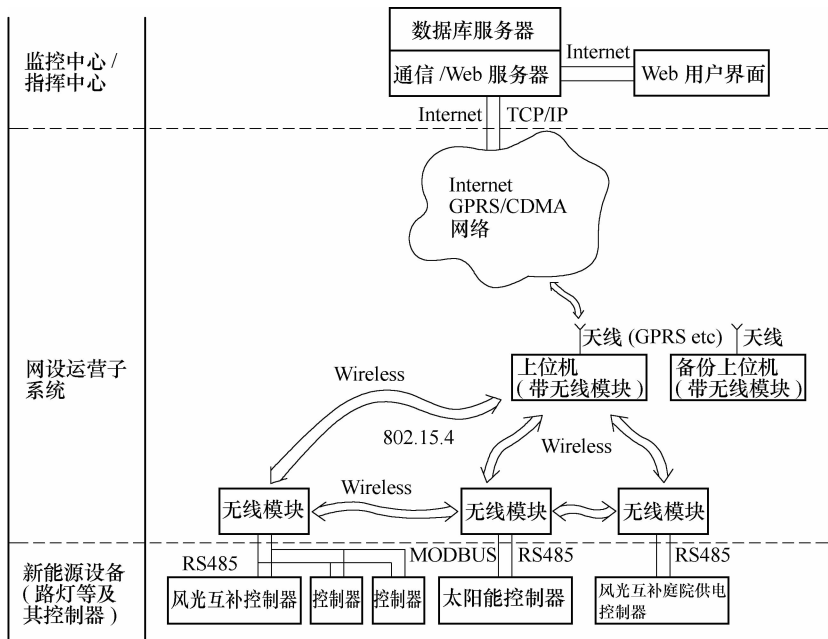


图 6　云智能管理系统通信架构图

6. 适用范围

应用场合：设备监控、智能住宅、智能楼宇、智能小区、工业企业、分布式光伏电站、分布式光伏屋顶电站、移动通信基站，以及其他分布式发电系统等。

7. 实际应用情况

本系统通过测试分析和实际应用，大幅降低了分布式能源的巡检和日常维护，实时发现设备的故障和异常，优化项目的售后服务质量，提升了产品的整体形象，为公司在设计、销售、工程和售后等方面提供强大的技术支持，有效地解决了对分布式能源的云智能管理，降低了运行维护成本，提升了社会经济效益，具有广阔的市场前景。

（作者：中科恒源科技股份有限公司　徐钢　范劲钟）

FA27　清洁、高效、环保的分布式能源站解决方案

（CS32　上海航天能源股份有限公司）

1. 概述

在当前节能减排、能源结构调整、清洁能源高效利用的背景下，如何迎接新的能源革命成为行业关注的焦点。而发展天然气分布式能源条件具备、时机成熟，是优化能源结构最为现实的选择，其综合利用率可到达 85% 以上，是新型的智慧供能方式。

天然气分布式能源是指利用天然气为燃料，通过冷热电三联供等方式实现能源的梯级利用，综合能源利用效率在 70% 以上，并在负荷中心就近实现能源供应的现代能源供应方式，是天然气高效利用的重要方式。相对传统的供能方式（市电 + 燃煤锅炉 + 电制冷）可实现节能 25% 以上，减排 $CO_2$30% 以上，减排 NO_X90%，减排 $SO_2$98%，减少粉尘排放 95%。

通常天然气分布式能源系统适宜的对象有医院、宾馆、工厂、大型商场、商务楼宇、综合商业中心等建筑物以及工业园区、大型交通枢纽、旅游度假区、商务区等园区，其建设在用户负荷附近，相当于是一个综合的能源站，通过能源转换技术实现用户端冷热电的实时供给。

2. 清洁、高效、环保的分布式能源站概念

之所以称其为清洁、高效、环保能源站，与其明显的优势息息相关：

1）提高用户供能安全性，以天然气发电 + 市电 + 分布式储能技术实现用户端供能 24h 不间断，无缝对接，可靠性可达 99.9999999% 以上；

2）与传统供能方式相比，节能 25% 以上，减排 $CO_2$30% 以上；

3）可节省能源成本约 20% 以上；

4）可帮助实现能源平衡利用；

5）可提高能源利用效率约 30% 以上；

6）提高光伏发电的平稳性，解决光伏发电的间歇性和波动性问题；

7）可解决“孤立岛”的能源供应问题；

8）作为一种节能技术，可为绿色建筑用户加分。

3. 绿色分布式能源站的技术

1）天然气发电技术；

2）配电与并网技术；

3）制冷、供热技术；

4）建筑节能技术；

5）运营与系统控制技术；

6）智能微网技术；

7）分布式能源脱硝技术；

8）智能能源管理系统。

4. SAE 绿色分布式能源站解决方案

SAE 通过对用户端用能负荷调研或系统软件等方法分析归纳用户能源需求特点与季节性、全工况的分布趋势，再采用科学的设计原则配置系统的容量、选型主设备，最终用过系统优化确定最佳的系统配置和运行方式。

发电主设备的选型考虑设备的发电效率、设备可靠性及自动化控制水平，以及发电机组的余热品质，系统的优化兼顾用户端能源需求的瞬时性、变时性等因素，并结合现场的环境条件，确保为分布式能源站的建立可靠、安全、环保、智能。

SAE 绿色分布式能源站的建设充分考虑用户端能源情况，以多能源互补技术、可再生能源利用技术、系统能效技术、废热废气利用技术、建筑节能技术等相结合，让用户端能源供给高效、清洁、可靠。系统结构如图 1 所示。

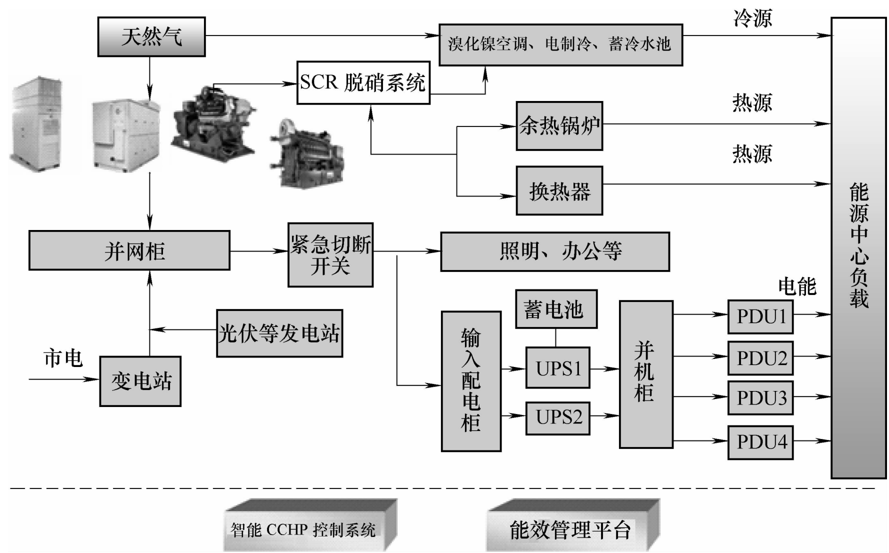


图 1　分布式能源站动力系统结构示意图

5. 绿色分布式能源站应用情况

（1）上海市第一人民医院松江分院

本分布式能源系统由三台 Capstone C65ICHP 微燃机发电热水一体机组模块化组合的热电联供系统、一台热水型溴化锂吸收式制冷机组（预留）、换热器和保温水箱等组成。发电机组发出的电力通过电缆有电缆桥架引入配电室，通过 TD 变压器与市电并网，发电机组运行方式采用并网不上网，不向市电网倒送电。发电机组的高温烟气，通过一体化的换热器回收余热产生的热水，进入热水箱储存，然后引至医院的热水循环管道。

系统于 2010 年 1 月投产运行，初投资约 500 万元，年运行 350 天，年平均综合能源利用效率 82%，年可节约能源费用 90 万元，年约节省标煤 283.0t，减少二氧化碳排放量 633.4t。系统如图 2 所示。

（2）昆山福伊特纸业工厂

系统设计总发电装机容量为 1.2MW，其中一期发电装机容量为 600kW，系统主要由 1 台德国曼海姆 TCG2016V12C 型燃气内燃机发电机组、1 台热水补燃型溴化锂吸收式制冷机组、1 台烟气/导热油换热器、多台水 - 水换热器、1 套 CCHP 智能控制系统和水泵、阀组、冷却塔等组成。所发电力以并网不上网的方式接入工厂变压器低压端母排（400V 侧），与市政电网一起满足工厂的电负荷需求，发电机组产生的电力全部由工厂自用；发电机组发电产生的高温冷却水夏季通过水/水换热器加热溴化锂空调热源水，热水补燃型溴化锂机组生产空调冷水，经地下管道输送至冷水水箱；发电机组发电产生的高温烟气通过烟气/导热油换热器加热导热油后再进入烟气/热水型换热器继续加热空调热源水，

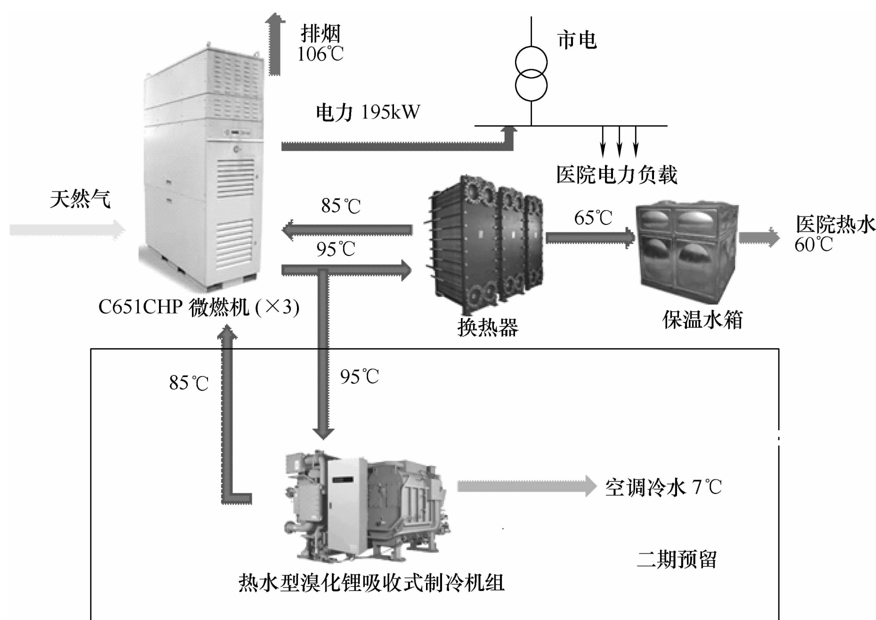


图 2　上海市第一人民医院松江分院分布式能源系统图

之后排出至室外。

系统于 2013 年 9 月投产运行，通过本项目分布式能源系统建设，可为福伊特造纸织物（中国）有限公司提供电力、冷、热能源，满足福伊特造纸织物（中国）有限公司的部分能源需求。系统年综合能源利用效率可达 80%，设计年运行 5600h，每年可节约能源费用 118.3 万元，节约标准煤 475.5t，减排二氧化碳 1214.9t。系统如图 3 所示。

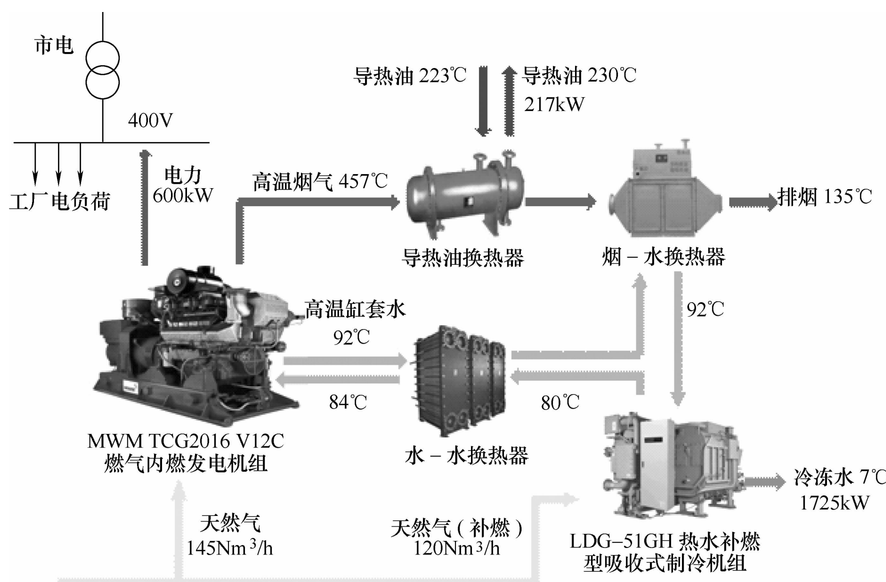


图 3　昆山福伊特纸业工厂分布式能源系统图

（作者：上海航天能源股份有限公司　李巡案）

FA28　菲尼克斯电气在光伏发电领域的解决方案
——光伏汇流箱及其附件

（CS16　菲尼克斯电气（南京）研发工程中心有限公司）

1. 概述

太阳能是地球上最清洁至今认为是永不枯竭的能源。太阳能发电具有很多优势，是未来智能电网发展不可或缺的能源之一。但是，受制于目前的技术限制以及市场初期，光伏发电的投资非常巨大，投资回报周期理论上需要 8～10 年之久。更为遗憾的是，由于目前市场上因受到电能成本压力，片面追求低成本运作，采取粗犷式的发展模式，过去常常是只管前期工程能中标，不管后期的运行质量以及维运成本，结果导致投资回报周期长，有的甚至会出现收不回投资的情况。国家职能部门发现了问题，并及时做出了政策调整，改变了光伏发电的补贴方式，即根据光伏电站的实际发电数量执行补贴。从政策上保证了行业能够有序、健康的发展，并为推动行业的技术进步、技术创新构建了平台，为行业公平竞技创造了良好的环境。这样，迫使行业参与者必须考虑有利于投资者能够长期受益和及时收回成本。本文结合工程实际运用，阐述了菲尼克斯光伏汇流箱为投资者着想的研发理念以及产品设计、制造采用了高可靠的技术解决方案，确保投资者与业主等多方能够长期受益。

2. 引言

目前，在中国大地上，已经上马了很多类型的光伏电站。总体上来说，前几年以西部地区荒漠大型集中式电站为主，东部地区有部分分布式电站，还有很多微型、离网电站等。通过上述电站近 3～4 年运行的情况，光伏发电领域为中国节能减排做出了不少贡献。但是，在实际运维中，也发现存在不少的问题，除了组件效率下降问题之外，其中还有很多问题直接指向光伏汇流箱这个看似技术含量并不高但却关乎整个光伏系统发电效率的又一个关键组件。

3. 光伏电站运维中，发现汇流箱存在的问题

为了了解在大型电站以及未来主要在东部地区分布式电站的实际工况，尤其在光伏发电的技术领域，对于汇流箱等的实际需求，我们深入青海、新疆和江苏等地区进行了实地考察，发现目前运行的光伏电站存在如下问题：



图 1　汇流箱现场起火

1）江苏某地屋顶光伏发电站，汇流箱起火导致停电事故，甚至火灾，如图 1 所示。

2）汇流箱内监控和通信部件经常损坏，比例很高，维护工作量很大。

青海某处光伏电站，2012 年 7 月投产至 2013 年 9 月，汇流箱运行近一年多时间，更换监控与通信板多达 100 多块。这类监控部件通常采用简单的 PCB 加工，如图 2 所示。

3）由于结构以及材料的选用等设计和制造问题，直流汇流箱及与之相连的直流回路绝缘报警。

4）IP 防护等级设计、制造不能满足工程的实际要求，导致汇流箱内部进入灰尘或水等，如图 3 所示。



图 2　更换 PCB 板多达 100 多块



图 3　IP 防护等级不够沙尘入侵汇流箱内

5）青海某处光伏电站，2012 年 7 月投产至 2013 年 9 月，汇流箱的门锁部件损坏，箱体合不拢，导致汇流箱进水和灰尘，如图 4 所示。

6）青海某处光伏电站,2012 年 8 月投入使用至 2013 年 9 月,汇流箱锈蚀严重,如图 5 所示。



图 4　门锁损坏，箱体合不拢



图 5　锈蚀不堪的汇流箱体

7）汇流设备安装和维护非常不方便，安装工期长，现场施工存在人为连接不牢靠的隐患。

8）监控单元调试费时、费力，出现故障后需要很长的时间进行排除等。

4. 对于汇流箱存在的问题分析

上述的这些质量问题在全国其他光伏电站也是屡见不鲜，本文就以上这些问题分析如下。

1）光伏发电，一个特点是直流电压高，为 800 伏以上。对使用在直流汇流设备内常规低压电器而言，长期处于这样的高电压下，又地处高海拔、高盐碱荒漠环境下，日夜温差大，绝缘材料容易老化等；很多劣质汇流箱使用的熔断器、开关设备外壳以及绝缘导线外壳的原材料均用低价的回收材料制造，这些材料通常 CTI 值仅为 150 ~ 200V；有的回收材料甚至没有阻燃特性；极易导致绝缘失效，进而发生漏电和起火事故。所以，准确选择合适的材料组别（等级）以及材料的阻燃等级是个十分重要的关键基础技术之一。

2）汇流箱现场接线的安装工人培训不到位，技术参差不齐，工具短缺或使用不合理的工具。常常导致接线压接不紧固，电站运行一段时间后易出现打火、过热、燃烧等事故。

3）汇流箱的结构设计不合理，特别是散热设计考虑不周，参考交流模式布线，使熔断器这类高发热器件挤在一起，产生热积累，长期运行时，导致部分熔断器提前熔断，必然增加维护量，其结果自然地减少了电站的发电量。

4）汇流箱门锁使用多个普通单点旋转锁，现场运行一段时间后，门锁锈蚀或老化损坏，造成箱体的防水、防尘等级下降，灰尘或雨水侵害箱体内的电器器件，导致器件短路失效或功能失效，引起故障损坏。

5）片面追求低成本，忽略野外电站防雷、防浪涌保护，或设计中，仅仅满足电源保护

而忽略对信号线路的保护。导致雷击时设备损坏。从而对组串电流、电压失去监控，增加了电站的维护成本。

6）监控单元的霍尔元件采用了劣质低价的普通产品，这类元件穿线孔较小，导致箱内接线无法采用耐高压直流光伏专用的加强绝缘导线，为箱内导线绝缘长期稳定耐受高电压留下隐患。

7）目前业界汇流箱普遍采用 RS485 手拉手方式传递监控信号，也出现部分采用无线传输方式。这些技术普遍在汇流箱内取电供给监控单元。使得汇流箱监控组网调试时不得不花费大量人力逐个设定地址，逐个调试，来回往复，费时费力，有时还不得不搭上很多移动电话的通信费用。另外，使得监控单元调试必须在组件安装完成之后才能进行，因而，无法并行施工，施工工期长；而且，运行中一旦损坏，更换及其不便。既延长了停电时间，还必须在白天带电维护，而增加了工作的危险性。

5. 菲尼克斯电气在光伏领域中，对汇流箱技术的解决方案

通过对光伏汇流箱中存在种种问题的原因分析，结合菲尼克斯电气在电力行业 90 年的经验积累，对于光伏发电站的汇流箱，菲尼克斯电气精心研发、制造推出了如下的技术解决方案。

（1）汇流箱内严格选择全部专为 PV 光伏高压应用认证产品，包括直流熔断器底座和专用熔断器、专用直流开关、专用监控单元、专用电源和信号防雷器，保障器件稳定可靠，如图 6 所示。

（2）汇流箱采用工厂流水制造工装线，在出厂之前：汇流箱在工厂内完成所有器件的集成组装；箱内所有导线严格采用光伏专用加强绝缘导线，并设定和严格控制所有连接件的紧固扭矩且记录在案以资追踪。

在出厂之后即在工程现场：当汇流箱接入光伏系统时，只要使用菲尼克斯电气提供的光伏免工具安装的 SUNCLIX 系列的快速连接器，即可高效、可靠地完成汇流箱的现场安装。不仅工作效率高，而且完全杜绝了以往工程中在现场安装时连接错误事故的发生，从而可靠保证了系统的安装质量，如图 7 所示。

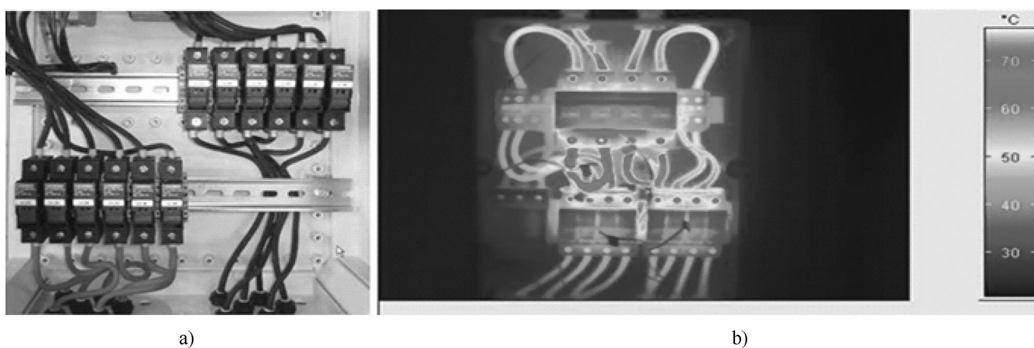


图 6　光伏组串汇流监控、保护、连接器件等



图 7　德国菲尼克斯电气的汇流箱流水制造工装线

（3）严格遵循热设计原理，注意器件合理布局，系统考虑散热通道，以改善熔断器和导线上的热积累温度，并满足了长期运行要求。在产品研发过程中，特别是在产品研发、设计定型之前，逐一考核开关、熔断器、箱内导线等在最大电流环境下的温升情况。每一路温升经过所有的严格测试后显示：汇流箱的设计布局合理，如图 8 所示。



a) b)

图 8　设计布局合理以及严格的温升测试验证

（4）针对光伏电站远离城市，要求无人值班的工程特点，菲尼克斯电气采用了独特的载波通信方式，一改过去传统的 RS485 手拉手的“一坏，坏一片问题”的通信方式，采用各自独立的点对点载波通信，将监控与通信损坏的影响降低到最小。

在逆变站房，将通信单元独立于采样单元布置，通信单元的运行工况大大改善；同时，编码调试等工作只需在逆变站即可完成，无须再到汇流箱的安装现场进行；另外，这种不需要在汇流箱内取电的方式，从而使得汇流箱监控调试与组件安装并行成为可能。节约了大量的调试时间，保证了系统能够提前并网发电，如图 9 所示。

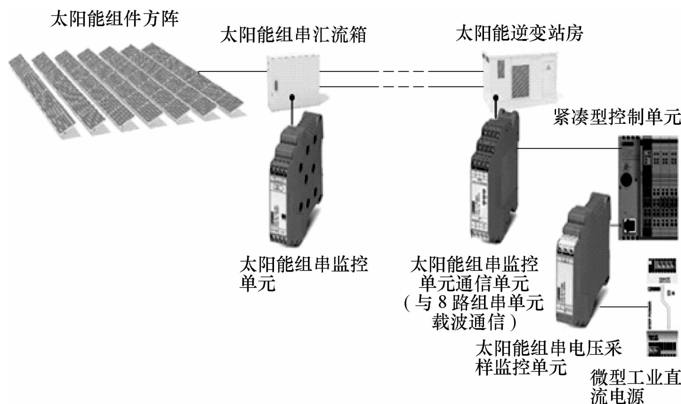


图 9　采用载波通信方式从逆变房送电现场取样组网

（5）汇流箱箱体选用耐气候性好的工程塑料或金属，箱体表面的喷涂具有防 UV 功能；使用多点联动门锁，操作方便，安装人员仅需一个动作即可完成整个箱体的密封、锁紧。汇流箱的整体防水、防尘功能的可靠安全得到了保障，如图 10 所示。

（6）在保证整体箱体密封等级的情况下，考虑到温度变化，设计中采用了呼吸阀装置，有效防止箱内压力差以防止水凝导致设备损坏问题，如图 11 所示。



图 10　多点联动门锁密封锁紧



图 11　呼吸阀装置防止冷凝

通过上述所有细节的系统考虑，菲尼克斯电气精心研发、设计的汇流箱，遵循工厂流水线生产工艺要求，并按照制造质量保证体系的规范严格执行，完全满足了光伏电站 8 ~ 10 年长期可靠稳定运行的要求。

事实上，按照标准要求，菲尼克斯电气汇流箱的防护等级为 IP65，设计使用寿命为 25 年，如图 12 所示。从而保证汇流箱的质量，降低光伏电站系统的维护、运行成本，使投资者长期受益，即既造福于投资企业，也造福于业主、惠及社会。



图 12　高品质保证的光伏汇流箱

6. 结论

由此可知，在光伏发电领域，要想提高系统的发电效率，保证投资者长期受益、惠及多方。对于光伏汇流箱的设计方案以及制造质量的保证，千万不可小觑。那些仅靠低价、劣质产品以骗起国家对行业补贴的行为，只能属于投机取巧，这样的事业不可能长久发展。

曾有这样一位具有高度社会责任感的老总感慨并预言：不具备这方面实力的企业贸然投资光伏电站领域，很难保证 25 年的使用寿命。菲尼克斯电气是个近百年历史的德国企业，持续发展的支撑系统靠的是过硬的产品质量（研发、制造以及运营等）保证体系。

德国企业一向以低调、务实著称，人们处处感受到其良好的口碑及影响力，德国企业的员工也是世界上忠诚度最高的员工之一，这不得不归功于独特的“德式领导力”。德式领导力的特点是理智、严谨及其系统性，特别是其逻辑性、系统性和实战性。“德式领导力”务实、不张扬，但影响力如同内家高手：看似无形却能感同身受。

菲尼克斯电气坚信：只要坚持以自己的知识产权创造出高品质的适合客户需求的产品，并真正为行业、为投资者、为业主以及为社会长远考虑就一定会成为行业的长青之树；多方共赢持续发展，特别是为客户尽量创造最大的价值。菲尼克斯电气深谐此道，乐此不疲。



图 13　菲尼克斯电气光伏发电领域产品一览

菲尼克斯电气除了能够提供质量可靠的光伏汇流箱之外，在光伏发电产业链中还能提供其他广泛的产品附件。例如 SUNCLIX 系列的快速连接器；熔丝端子；测试与通信模块；DC 与 AC SPD 产品以及自动控制领域的追日系统，包括系统配置软件等，如图 13 所示：菲尼克斯电气光伏发电领域产品一览。

菲尼克斯电气具有广泛的产品线，其标准产品涉及的技术领域包括：PLC 及控制系统/工程软件；开关电源/UPS；电子换向接触器/电动机控制；以太网/工业通信/现场总线及系统；HMI/工业 PC；I/O 系统；测量/控制技术；设备监视/信号处理/无线数据通信；继电器/功能安全/保护装置；电涌保护器；传感器电缆/工业连接器；PCB 接线端子/组合式接线端

子；电子模块外壳；工程标识/标签；DCS/PLC 系统布线以及安装工具等。

菲尼克斯电气不仅能够提供上述市场标准化产品，菲尼克斯电气研发中心还能够专为客户提供差异化的个性产品的定制服务。菲尼克斯电气甘愿配角，愿与同行共同探讨，为光伏发电领域的有序、健康发展贡献菲尼克斯电气的力量。

（作者：菲尼克斯电气（南京）研发工程中心有限公司　徐祝勤　李平）

FA29　光伏阵列工作电流监测应用方案

（CS38　上海臻和防雷电气技术有限责任公司）

1. 概述

在石化能源日益枯竭和生态环境长远保护多重压力下，绿色能源的太阳能光伏发电技术得到了广泛的重视和应用。当前国内外光伏发电产业呈现迅猛发展的态势。

应用于光伏电池阵列的汇配电设施中的光伏防雷智能汇流箱，以实现对光伏电池列阵的汇流、监测、保护以及通信等功能，是光伏电站系统设施中重要的前端设备。其中，光伏阵列工作电流的在线监测更是光伏汇流箱的一项重要的功能，在光伏发电中实现智能化远程监管有着不可忽视的作用。

光伏发电的前端电力为直流高压系统，为提高光伏转换效率，实现与高压电源隔离测量，既不宜采用常规的分流器方法来测量，又不能应用工频电网中的电磁互感器检测技术来测量直流电流，这使光伏电池列阵的汇流监测遭遇较大困惑。

基于霍尔效应原理的半导体芯片能在驱动电流与外磁场的作用下，产生相交的霍尔函数电压，运用此特性，国内外半导体器件公司推出品种繁多的霍尔集成电路，为广泛实现应用霍尔技术的电流检测技术，开拓了一个崭新的领域。

霍尔电流传感器具有常规测量电流技术所没有的许多优良的特性，可以测量各种类型的电流，从直流电到几十千赫兹的交流电；可通过磁电变送的测量机理而具有完善的一、二次回路隔离测量能力；同时具备的采集响应时间快、低温漂、精度高、体积小、频带宽、抗干扰能力强、过载能力强等优势，在工业、商业、通信、汽车和发电等各个领域获得广泛的应用。

2. 光伏列阵的汇流监测专用Ⅰ系列及Ⅱ系列的霍光伏电流监测模块

上海臻和防雷电气技术公司多年来对光伏汇流箱的研发、生产和应用，积累了丰富的经验。借鉴国内外光伏汇流箱先进技术，创新开发，研制出将霍尔半导体器件应用于光伏电池列阵的汇流监测用Ⅰ系列及Ⅱ系列的光伏电流监测模块，并配套开发了具有模块化结构、安全、稳定、可靠、便利等优良性能的新一代光伏汇流箱产品。

目前根据光伏电站运行规模和发电输配电拓扑结构，有较大规模的集中并网式的光伏发电系统和相对分散且较小规模的分布式光伏发电系统的两大系统。不同的光伏电站系统对光伏汇流需求是一致的，分布式光伏电站的特点是汇流箱更趋小型化，相对发电工作电压更低一些。据此，将依据不同光伏电站的汇流箱需求和特点，推荐不同设计的霍尔电流传感器光伏电流监测模块，为其配套使用。

（1）GPC1-C05-Ⅰ系列霍尔光伏电流监测模块的原理与应用

GPC1-C05-Ⅰ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块以其紧凑型的安装模式和准确可靠完善的监测功能，在分布式光伏电站汇流箱获得广泛应用。

GPC1-C05-Ⅰ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块采用 Allegro 公司的高集成化的线性霍尔电流传感器芯片，该霍尔器件主要由靠近芯片内表面的铜制的电流通路和精确的低偏置线性霍尔传感器电路等组成，具有极小的体积封装，能输出与检测的交流或直流电流成比例的电压。并有低噪声、响应时间快特点。其器件原理如图 1 所示。

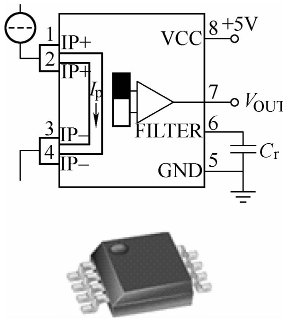


图 1　器件原理图

高压导线焊接引入法霍尔电流的检测，其高压隔离通过芯片内部的绝缘封装实现（绝缘电压 >2.1kV RMS）。用在光伏阵列汇流电流检测的最大优势是体积小，可集中多个器件进行布板设计。尤其在分布式光伏发电系统中，由于光伏系统电压较低，且用户分散，特别适合小型化的光伏汇流箱的设计。

I 系列霍尔电流传感器光伏电流监测每单位模块在 70mm 见方的电路板上集成了四路光伏阵列电流监测和光伏电流载流 LED 指示灯，并配置了各路的恒流供电回路。隔离后电流值检测信号，经处理后，通过带锁扣的 IDC 接线端排汇总输出至智能 ECU 模块处理、显示和通信远程传输。GPC1-C05-Ⅰ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块如图 2 所示，其参数见表 1。

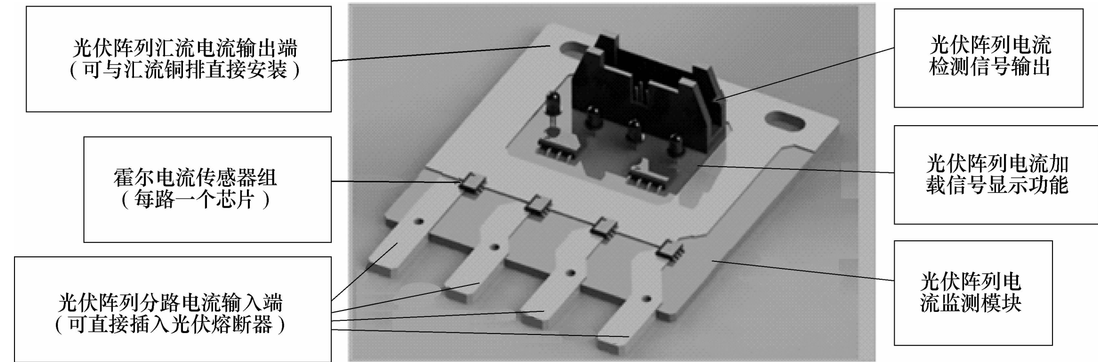


图 2　C05-Ⅰ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块

表 1　GPC1-C05-I 系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块技术参数

光伏输入最高直流电压	DC 1000V
光伏可直流输入回路	1 ~ 4
直流输入电流	1 ~ 15A
输入回路接线接口	4 路直插熔断器式混合质铜排
直流汇流输出能力	32 ~ 60A
直流汇流输出回路	1
输出回路接线端口	直接安装铜排汇流输出式
配置保护熔丝等级	DC 1000V 光伏专用熔丝，电流等级根据需要选用
分路电流监测数据输出方式	4 路模拟电压输出（0.5 ~ 4.5V，2.5V/0A）
光伏电流加载指示灯	有
数据端口配置接口	IDC 10 芯插座
使用环境温度	−30 ~ +45℃
使用环境湿度	0 ~ 99%
使用环境海拔	≤4000m
宽 × 高 × 深	75mm × 90mm × 20mm
重量（约）	55g

GPC1-C05-Ⅰ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块可按光伏汇流需要进行模块积木组合，实现4~16路的汇流功能。该监测模块与智能控制模块、光伏熔断器组合，并配用相应的光伏汇流控制部件即可实现多种应用场合下的具备优良性能的光伏汇流箱。图3所示为分布式屋顶光伏汇流箱内部应用图。

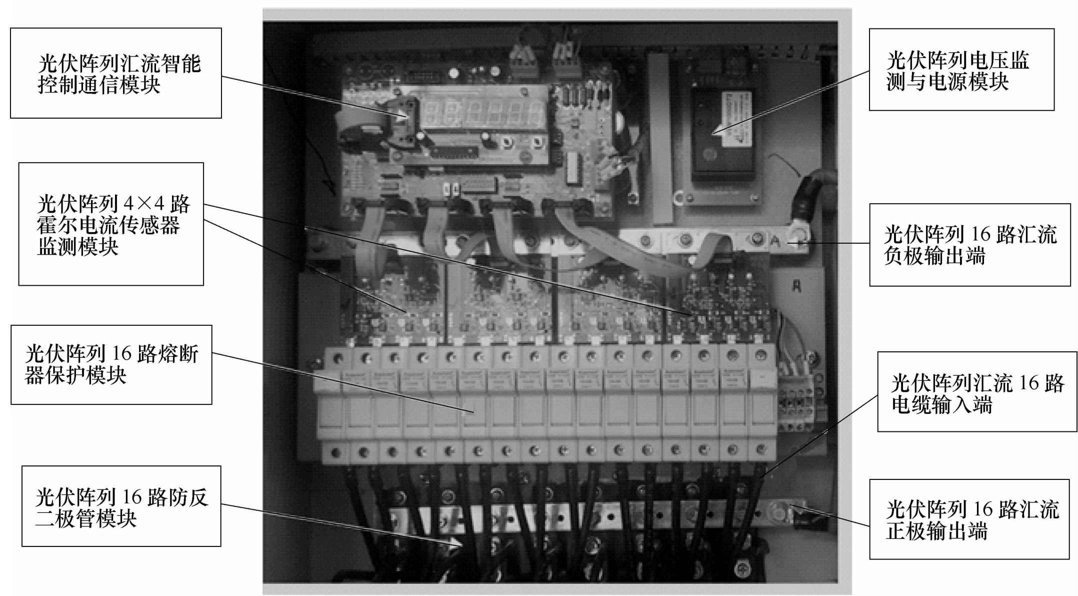


图3　分布式屋顶光伏汇流箱内部应用图

（2）GPC1-C05-Ⅱ系列霍尔光伏电流监测模块的原理与应用

随着光伏电站蓬勃发展，对光伏阵列的汇流箱电流监测的要求也越来越高，不但需要符合光伏电流监测的特点，对其安装形式和安全可靠提出特别的需求，一种形式类同于电流互感器的霍尔电流传感器应运而生，即为穿环式霍尔电流传感器。GPC1-C05-II系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块就是应用特制的穿环式霍尔电流传感器推出的新一代光伏电流监测模块。

穿环式霍尔电流传感器的原理是用高磁导率磁环将穿过环芯的一次导线通过的电流产生的磁场集束加载于磁环缝隙中的霍尔芯片上，而感生的霍尔电压输出，达到隔离检测电流的功能。

穿环式霍尔电流传感器按采集处理数据方法分为开环式霍尔电流传感器（见图4）和闭环式霍尔电流传感器（见图5），其外形相似。

开环式霍尔传感器信号采用直接输出方式，成本略低，其信号放大调零处理均由后端电路进行。

闭环式在磁环内加入平衡线圈，产生平衡磁场，以抵消差模电流，使输出信号有更高的线性度。从光伏检测要求来看，开环式足以达到监测的需求。图6所示为C05-Ⅱ系列霍尔光伏电流监测模块中的穿环式霍尔传感器结构及应用示图。

图中展示了霍尔芯片被嵌入磁环的开缝中，并被通过磁环内芯的光伏高压导线一次电流产生矢量磁场穿透；使霍尔电流传感器输出霍尔电压，实现光伏电流检测的应用状况。

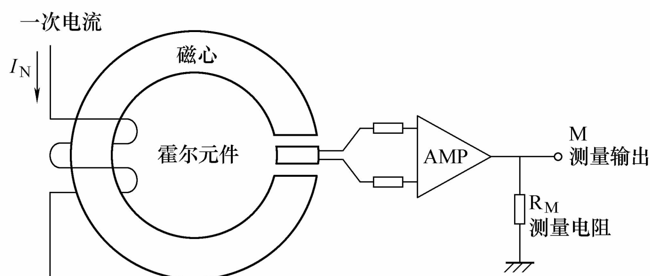


图 4　开环式霍尔电流传感器

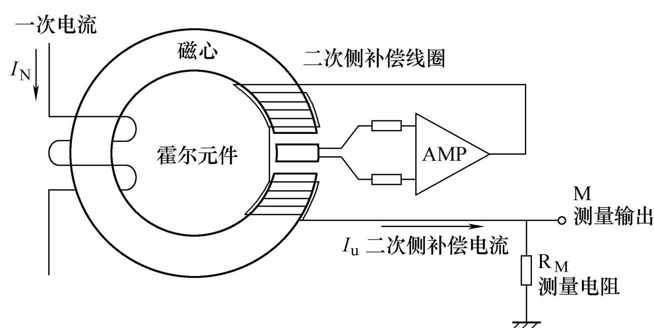


图 5　闭环式霍尔电流传感器

由于此种穿环式霍尔电流传感器的检测方法的最大优势是无须将高压电缆接入传感器，仅需将导线穿过磁环中心，即可检测到流经一次导线的电流值。运用此种技术方法，不仅起到一次导线与二次回路完全的电气隔离的功能，同时因为不需要一次导线对霍尔电流传感器进行硬性连接（如螺栓连接、焊接连接）。最大程度上消除了 I 系列霍尔光伏电流监测模块的一、二回路同 PCB 板安装，对设计安全绝缘间隙的制约。同时也简化了高压环境下的安全保护措施和现场施工、维护作业。虽然应用体积比前述的焊接引入法霍尔电流传感器要略大一些，为获得高精度的运用，需在后续的电路补偿调整做较多的投入。但由于上述的 C05-Ⅱ系列霍尔光伏电流监测模块应用层面的优势，目前在光伏阵列的汇流箱电流监测中获得越来越多的推广应用。

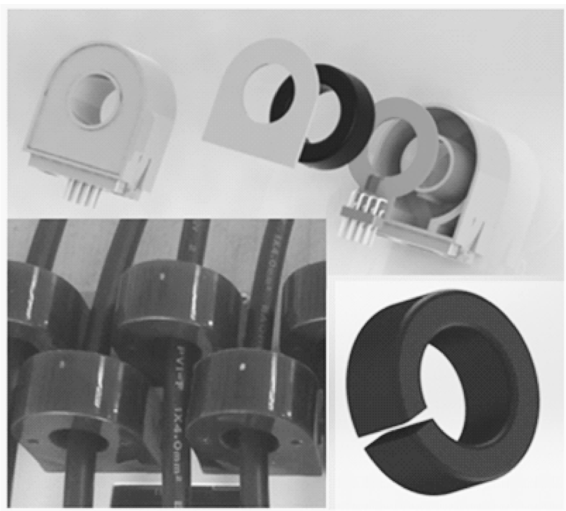


图 6　穿环式霍尔传感器结构应用示图

GPC1-C05-Ⅱ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块由穿环式霍尔传感器和具有补偿调整电路的汇集板组成。图 7 所示为内置 C05-Ⅱ系列霍尔电流传感器组构成图。

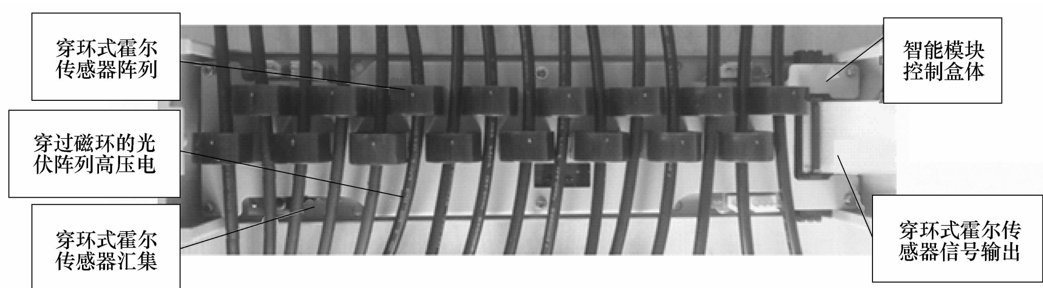


图 7　内置 C05-Ⅱ系列霍尔电流传感器组构成图

穿环式霍尔传感器以插接方式安置在汇集板上，汇集板提供各路霍尔传感器的工作电源以及偏置电源；传感器检测的信号通过板上的前置放大器进行发电整形处理再通过信号端排（IDC20）输出至智能处理模块。安装时光伏阵列的一次侧电缆可直接穿过霍尔传感器磁环中心后接入保护熔断器或汇流排实现汇流监测。

在新型的光伏汇流采集监测、控制及通信等设计中，将与智能通信控制模块统一整合成的光伏智能模块控制盒的形式，可以按各种光伏工程系统中不同的汇流箱需求，提供 8 ~ 24 路分类的产品选用。其智能监测通信模块各项技术参数（见表 2）的配置可按光伏用户需求实现菜单式服务，极大地便于各类光伏电站系统对光伏汇流箱选型、设计及运用。光伏智能模块控制盒如图 8 所示。

表 2　GPC1-C05-Ⅱ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块技术参数

光伏输入最高直流电压	≥1000Vdc 视高压电缆绝缘等级而定
光伏可直流输入回路	1 ~ 24（按集成模块确定）
直流输入电流	1 ~ 15A
输入回路接线接口	高压光伏电缆穿环式（无电极接入传感器）
直流汇流输出能力	32 ~ 60A
直流汇流输出回路	1
输出回路发线端口	支路高压光伏电缆直接安装铜排汇流输出式
配置保护保险熔丝等级	1000VDC 光伏专用熔丝，电流等级根据需要选用
分路电流监测数据输出方式	模拟电压输出（0.5 ~ 4.5V 2.5V/OA）
光伏电流如载指示灯	无
数据端口配置接口	IDC 10 芯插座与智能处理模块直连
使用环境温度	－30 ~ ＋45℃
使用环境湿度	0 ~ 99%
使用环境海拔	≤6000m



图 8　光伏智能模块控制盒

GPC1-C05-Ⅱ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块由于其诸多的优势，特别是安装简易便利、运行安全可靠，很适合我国国情下光伏电站的建设。无论在集中式光伏电站还是分布式光伏电站都得到了广泛的应用。

下面展示了应用 GPC1-C05-Ⅱ系列霍尔电流传感器光伏电流监测模块的两款光伏电站的光伏阵列电池汇流箱的使用实例（见图 9 和图 10）。

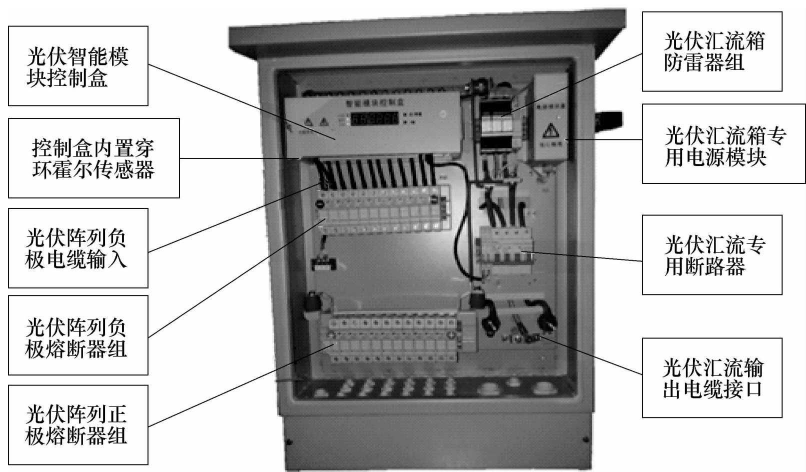


图 9　应用于集中式的光伏汇流箱内部配置的结构图

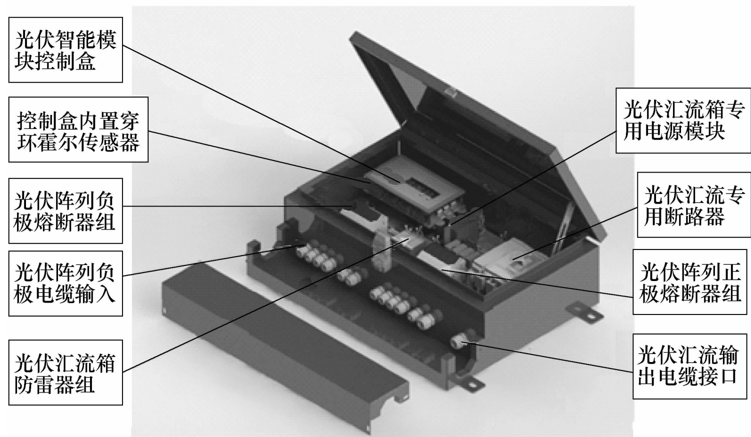


图 10　应用于分布式的屋顶光伏汇流箱内部配置的结构图

3. 总结

当前光伏发电产业发展迅猛，运用新技术、新产品，用科学监测、规范管理光伏电站，是必由之路。尤其是集中式和分布式光伏电站的万马奔腾，发展适合多元化光伏系统的汇流箱技术，是十分急迫任务。鉴于光伏电池阵列汇配电前端设备电流监控的特殊性，对应用监控管理技术提出越来越多的要求，既要保证良好的性能指标，又要充分考虑使用条件，诸如成本、可靠性、耐气候性等需求也日趋严格。

应用霍尔传感器技术是光伏监测技术领域的一个大的突破，有效、可靠、安全地解决了在直流高压（高达 DC1000V）和较大直流电流（DC10～200A）的工作状况下完成汇流、控

制、安全保护和信息采集远程传输多项新技术的集成任务的瓶颈。光伏电池阵列的汇配电的前端设备的电流监控日新月异手段也为推动光伏发电多元化铺垫了坚实的基础。

（作者：上海臻和防雷电气技术有限责任公司　毛协国）

FA30　太阳能发电项目电力综合视频监控系统

（CS10　博尔（无锡）电力成套有限公司）

1. 概述

变电站综合系统方案帮助电力维护部门进一步解决变电站高效维护、统一管理方面、远程监控的问题。系统通过电力通信网络把变电站的现场情况，包括场景、温度、湿度等信息集中到电力监控中心，并在监控中心与变电站间建立语音连接，便于管理和指挥排除故障。当发生突发事件时，系统可迅速升级为一个分布的指挥中心，帮助企业多级领导全局指挥。系统是一个开放的系统，可与多种应用系统集成，把变电站的管理控制从原先的“四遥”变成“五遥”，进一步提高电力供应安全，同时提高管理效率。

2. 系统组成

系统采用分层式结构，由用户界面层、系统应用层、设备接入层、硬件平台四部分组成（见图 1）。

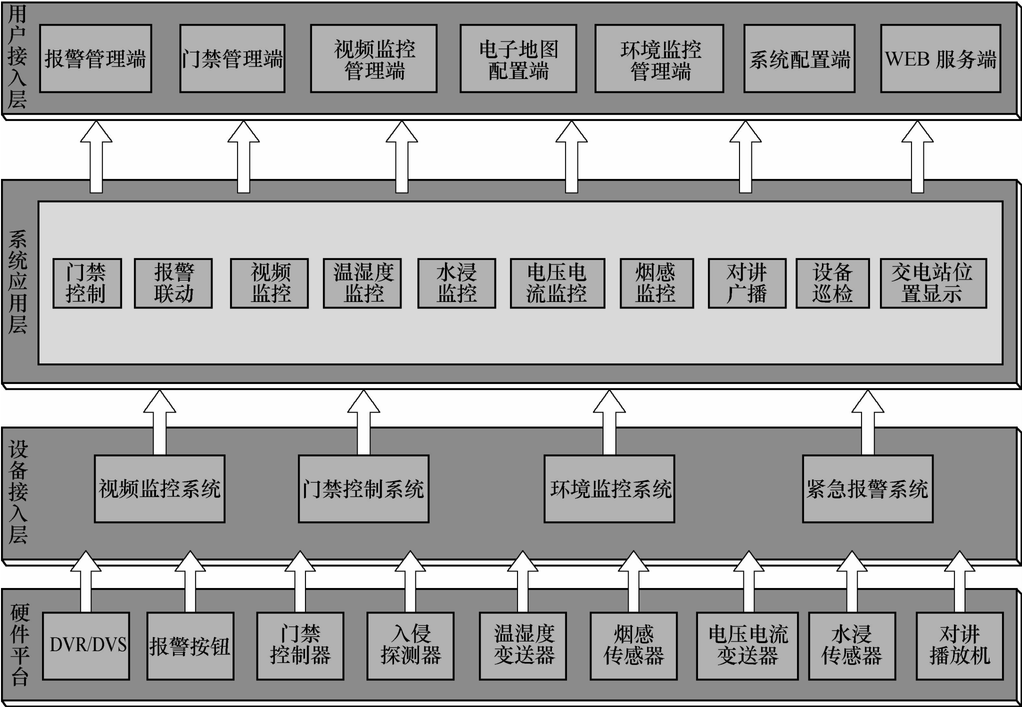


图 1　系统总体架构

1）用户界面层：用户终端提供给用户交互操作接口，供用户访问系统。用户界面层针

对不同的用户提供了不同的用户应用界面。

2）系统应用层：承担事物处理的中间环节，负责和控制数据库操作，接受和处理客户端请求，负责系统的业务逻辑处理以及提供各类应用服务。

3）设备接入层：主要负责前端设备接入与控制。

4）硬件平台：具备集成功能、调度功能、电子预案功能、地理信息图形化管理等特点。

3. 系统功能

系统部分功能图详见图2。

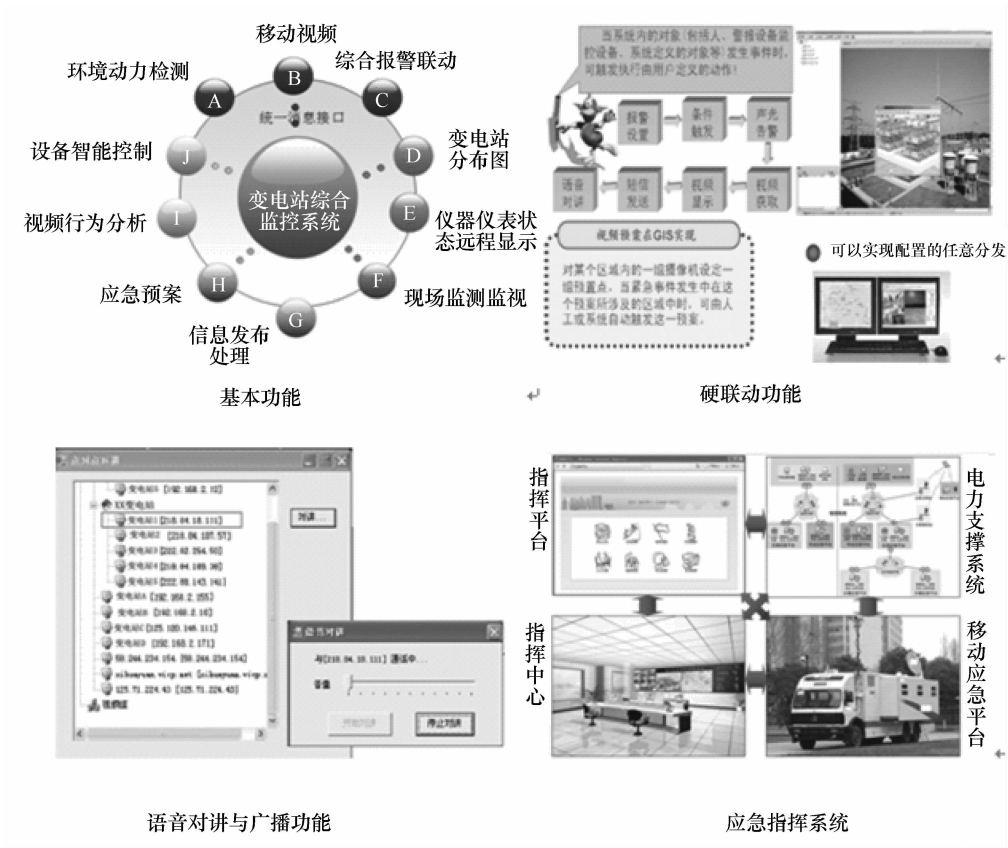


图2　系统部分功能

1）集中监控：所有变电站现场图像实时传送到中心，实现“遥视”功能。

2）意外报警：对于非法进入人员或设备盗窃行为进行报警，保护财产安全。

3）应急指挥：当对设备检修时远程中心可以实时了解检修过程，并指导复杂操作过程。

4）分级管理：监控中心可以分多级、多点，同一组信息可以送到不同部门，可协同管理。

5）信息完备：视频监控系统同时可以传送多种环境信息，包括环境温度、湿度、电压值、电流量等实时信息。

6）过程录像：所有设备工作过程和检修维护过程均可定期或周期性录像保留下来，便于事后监督和故障分析。

7）智能视频分析：智能视频监控是对系统设定目标智能检测跟踪并对比的技术，可以自动分析对比出变电站重点监控区域的异常情况，并探测和识别遗留物体，跟踪目标从而确定它是否会引发自定义的报警事件，通过已经定义好的报警方式向指挥中心预警。

8）集成化高：系统具备各种连接接口，可实现与变电站综合自动化系统、消防系统、门禁系统等的连接、也可与 MIS、EMS、SCADA 等系统接口。

9）操作简便：系统操作简单、安装容易，单个画面可完成所有重要操作。

4. 关键设备描述

（1）投影单元

1）采用 DNP RUCS/GUCS，Bb 幕；4∶3 立式外置屏；光源 100～120W UHP 灯；功率可调整；投影墙整屏的亮度，色彩，对比度一致性均达到 90% 以上。

2）不需任何外置图像处理设备就能直接拼接显示高质量的计算机图形或视频；平均无故障时间 MTBF 大于 20000h。

3）DLP 投影机采用全数字化信号处理技术，以 DMD 作为光阀成像器件，采用数字光处理技术调制计算机和视频信号，驱动 DMD 光路系统，通过投影透镜获得大屏幕，通过大屏幕显示控制主机，可实现多个大屏幕准无缝拼接显示，即可控制每台大屏幕单独显示独立画面，也可控制多个大屏幕共同拼接显示一幅。

（2）视频矩阵

1）每路视频带有图形、中文、文字图形混合标题叠加功能。

2）采用选配内置 IP 控制模块和视频服务器设计，可通过 IP 网络对矩阵主机进行操作和切换浏览视频，并可远程对摄像机及系统控制访问。

3）采用 4U 插卡式高密度模块组合结构，方便组合扩充。

4）可设置键盘对监视器、摄像机权限；系统可分区设置。

5）有热备份主机选配设计，使主机稳定性更有保障。

6）音/视频输入输出端口和通信接口有浪涌保护措施及抗雷击干扰设计。

7）系统可通过 RS485 进行多台多级矩阵联网，可外接 32 个分控键盘及可支持三级以上的多种组网功能，自带全中英文菜单，可对矩阵的各项功能进行预设置。

8）报警后可联动，自动打开摄像机及灯光，自动切换预置点并启动录像，可预置任一防区警戒方式：定时、手动、常布/撤防及查询报警记录。

9）输出可扩充到 64 路视频输出，输入可扩充到 512 路视频输入，输入带环通设计。

5. 通信架构及采用的通信协议

站内通信未牵引站内通信，采用现场总线方式通信，监控系统与各智能模块之间通过 RS485 总线通信，系统可兼容标准 Modbus RTU、Profibus-DP、DeviceNet、CAN、CDT、101/103 等多种现场总线协议及规范。

6. 适用范围和应用情况

本系统适用于太阳能光伏发电项目、风力发电站、火力发电站以及变配电站，当电力设备或设备周围现场发生异常时（如设备上覆冰、覆雪、倒塌、断线等），能在第一时间自动采集、并向上级远方监控管理中心发送监测信息（数据、语音等）和报警信息，使运行人员在远方监控管理中心可及时直接了解设备运行状态，直接对现场进行监听、监视，将故障消灭在萌芽状态。同时能实现仪器仪表的显示状态远程传送，便于了解设备的运行状态的一致性，直接确认状态信息。大量节约了人工成本，基本消除了认为误操作的可能性，经济效益十分可观。

（作者：博尔（无锡）电力成套有限公司　张晴晴）

FA31　光伏电站智能化信息管理系统

（CS08　北京木联能软件技术有限公司）

1. 概述

随着规模性的光伏电站开始陆续建设和投入运行，如何实时了解电站的运行状况，满足上一级系统或电网调度系统的监测需求，是公司管理层和生产运营部门共同关心的问题。为了让各级管理和技术人员更好地掌握光伏电站运行信息，北京木联能软件技术有限公司针对光伏电站目前的运行管理状况提出了一套智能化、科学化的解决方案——光伏电站智能化信息管理系统。

光伏电站智能化信息管理系统以光伏电站生产实时数据为基础，根据光伏电站运行管理特点研发，是集电站日常运行管理、远程实时监测、数据决策分析和电站资产管理功能为一体的智能化信息管理系统。系统实现了光伏电站生产运行科学管理、流程管理、跟踪管理及目标管理的需求，达到了企业规范化、精细化、数字化和集成化管理的目标。为光伏电站开展运行管理、设备管理、检修维护管理、安全管理、监测管理和物资管理等提供信息服务和业务支撑平台，提高电站的安全可靠性、生产效率和运营效率。

2. 系统总体结构

光伏电站智能化信息管理系统网络拓扑图如图 1 所示：

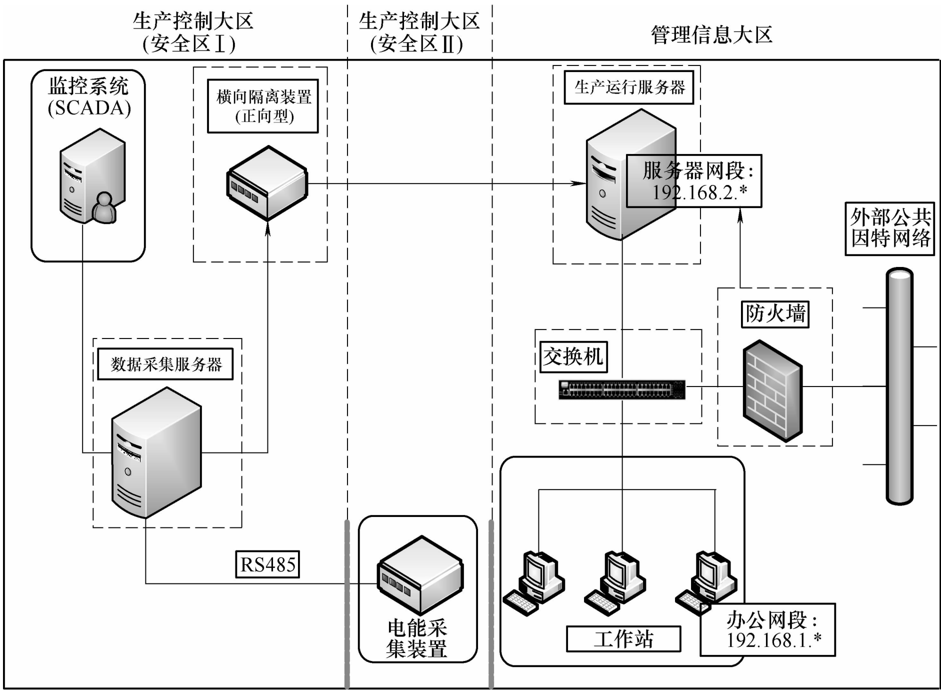


图 1　光伏电站智能化信息管理系统网络拓扑图

系统实时采集光伏电站逆变器、汇流箱、升压站、电能计量表和环境监测仪运行数据，并通过横向隔离装置将采集数据传输到生产运行服务器，位于生产运行服务器中的解析程序对传入的数据进行实时解析、入库和统计分析。

3. 系统功能

光伏电站智能化信息管理系统具有良好的开放性，可兼容不同厂家，不同型号的光伏发电设备。系统采用模块化设计，能够方便地进行后期功能扩展。光伏电站智能化信息管理系统功能结构图如图 2 所示，系统主要包括日常办公、运行管理、检修管理、安全管理、统计分析、基础数据管理、资产管理和生产运营报表等八大功能模块。

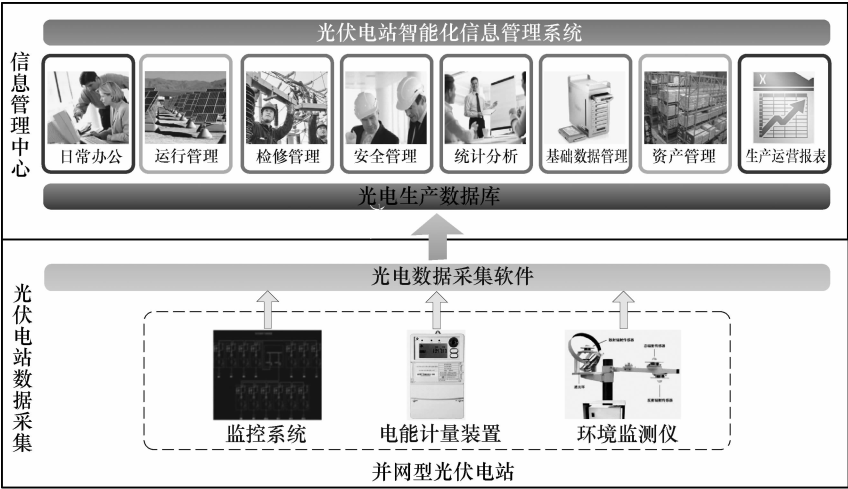


图 2　光伏电站智能化信息管理系统功能结构图

（1）日常办公

日常办公是针对光伏电站日常办公的事务流程、文档资料、通信录、通知公告等进行管理，主要内容包括文档管理、待办已办事宜、日常事务、通知公告、计划管理、员工管理、班组管理、员工通信录和客户通信录。

（2）运行管理

运行管理主要包括电站两票三制管理和设备运行实时监测两部分。运行管理主要由记录填写、故障缺陷管理、操作票管理、工作票管理、交接班管理、电站数据实时监测、逆变器数据实时监测、汇流箱数据实时监测、电能计量数据实时监测和环境监测仪数据实时监测共十个功能。

（3）检修管理

检修管理主要分为设备管理和物资管理两部分。其中，设备管理主要包含设备位置结构、设备信息查询和设备台账管理功能；物资管理包括物资分类、物资台账和物资入、出、借、还管理功能，提供了仓库管理、电站物资信息的出入库管理和库存盘点功能。

（4）安全管理

安全管理是企业管理的重要组成部分，是确保企业安全、可靠、经济运行的有力保障。安全管理主要对电站安全相关的应急预案、人身伤亡事故、事故预想记录、安全检查、安全

管理机构、设备事故、安全培训、安全活动、事故教训分析、安全演练和反事故演练等记录进行管理。

（5）统计分析

统计分析主要是对电站生产运行数据进行有效的分析，主要包括电站运行分析和设备运行分析。

1）电站运行分析：电站运行分析主要从太阳能资源指标、电量指标、能耗指标和设备运行水平指标四个方面对电站的运行数据进行多层次、多维度综合对比分析，评估电站生产运行情况，达到电站的精细化管理目标。电站运行分析功能的部分图表如下：2014 年 4 月份某电站性能分析图（见图 3）；2014 年 4 月份某电站上网电量-辐射量对比图（见图 4）；2014 年 4 月 6 日某电站日负荷曲线图（见图 5）；2014 年 4 月某电站损耗分析图（见图 6）。

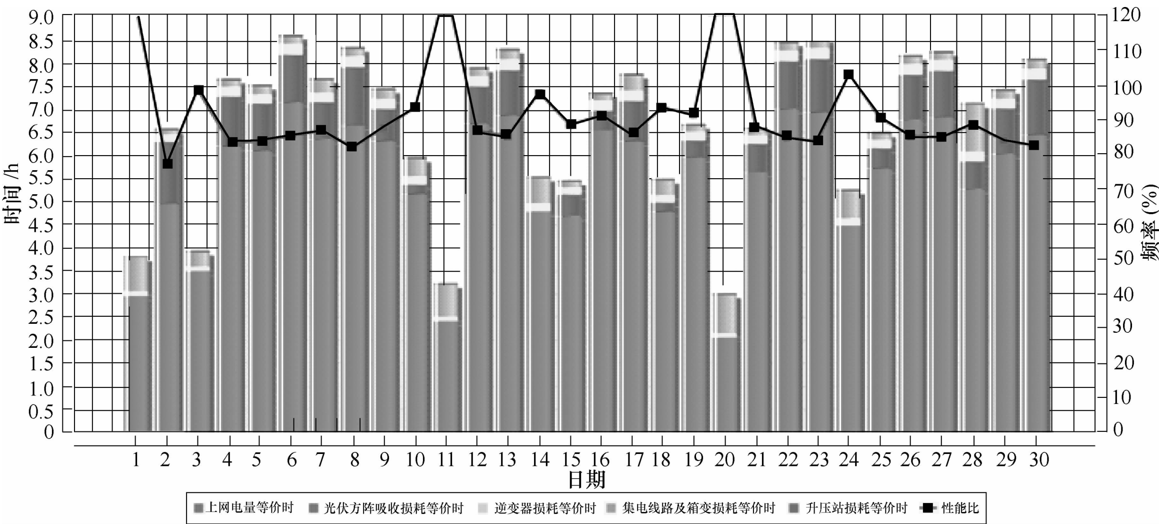


图 3　2014 年 4 月份某电站性能分析图

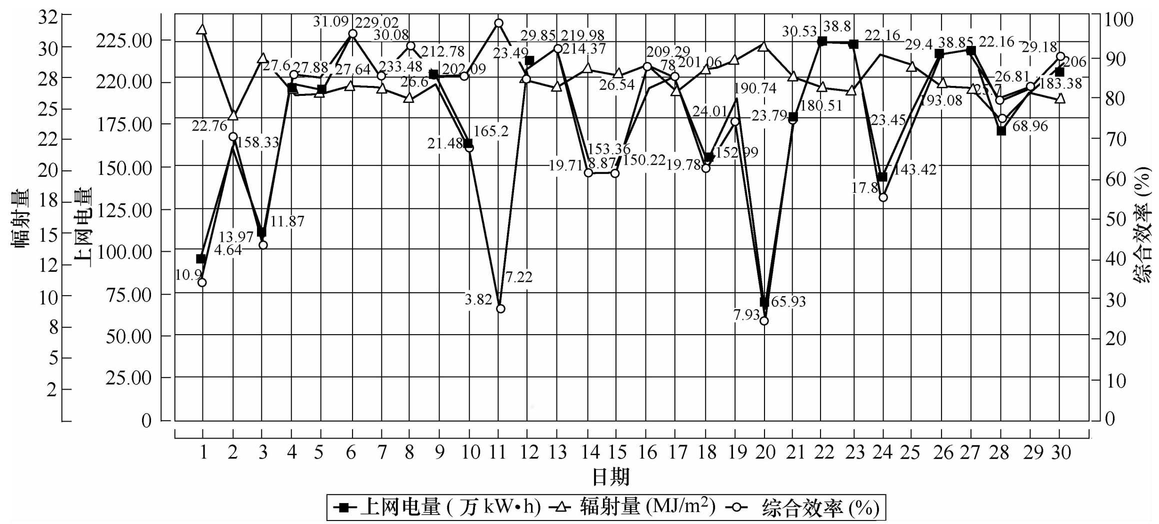


图 4　2014 年 4 月份某电站上网电量-辐射量对比图

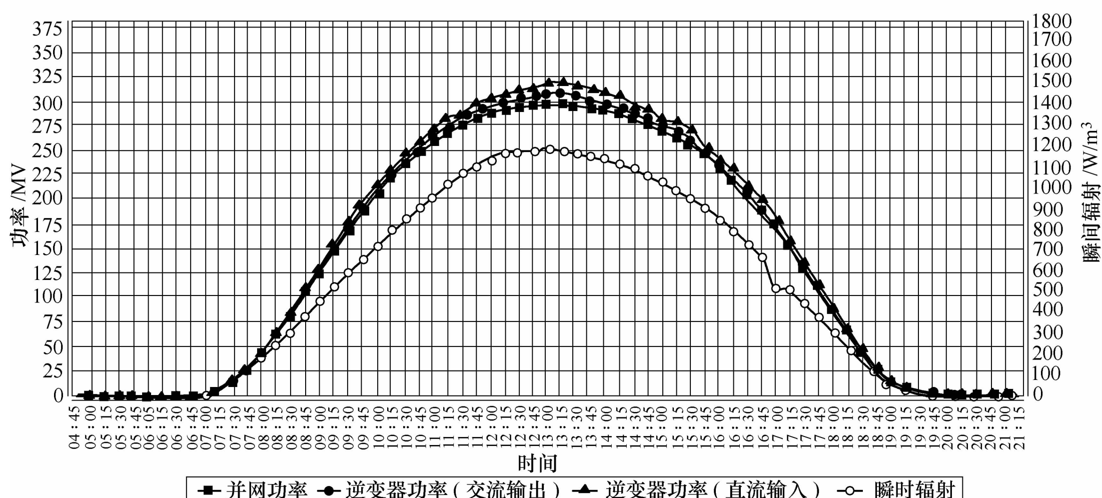


图5　2014年4月6日某电站日负荷曲线图

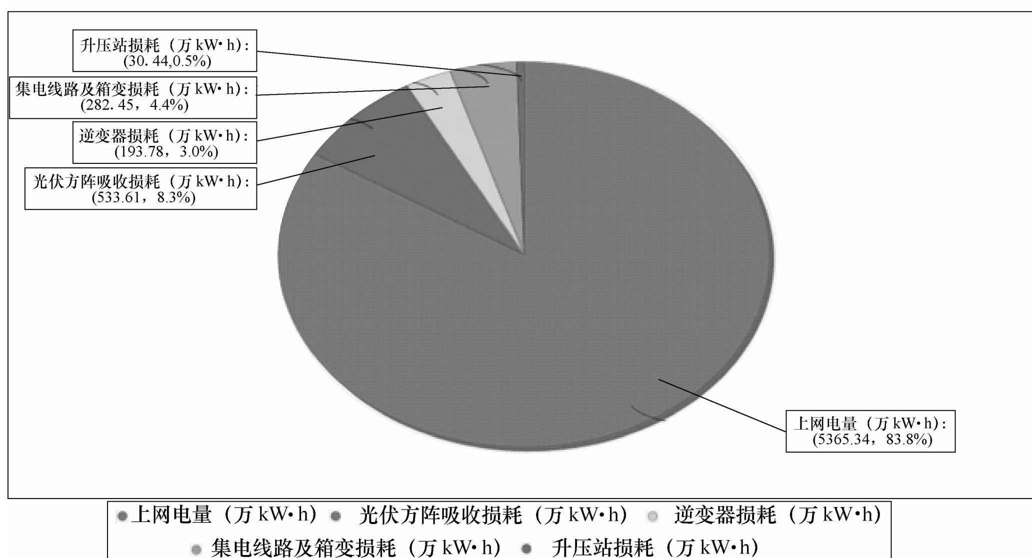


图6　2014年4月某电站损耗分析图

2）设备运行分析：设备运行分析主要从逆变器能量分布、逆变器功率与辐射强度对比、逆变器转换效率分析、逆变器发电量分析、组件电流分析和多电站分析共六个方面进行电站的设备运行情况分析。逆变器功率曲线与辐射强度对比图（见图7）；某电站一台逆变器组串电流分布曲线（见图8）。

（6）基础数据管理

基础数据管理主要包括产品列表、电能计量表设置、电能计量数据管理、汇流箱电流结构定义和生产指标修订等功能。

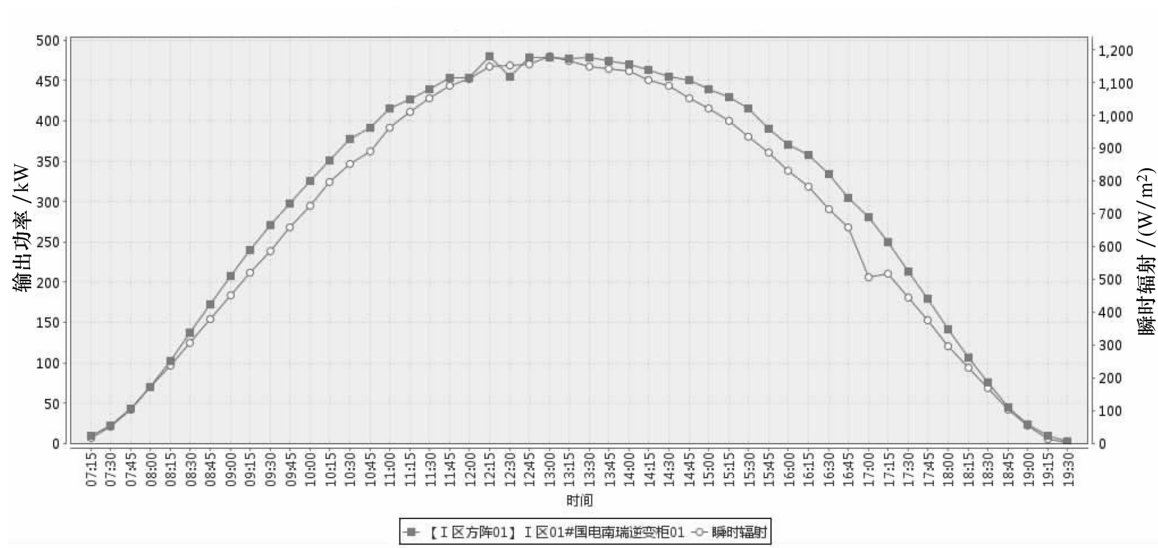


图 7　2014 年 4 月 6 日 某电站一台逆变器功率曲线与辐射强度对比图

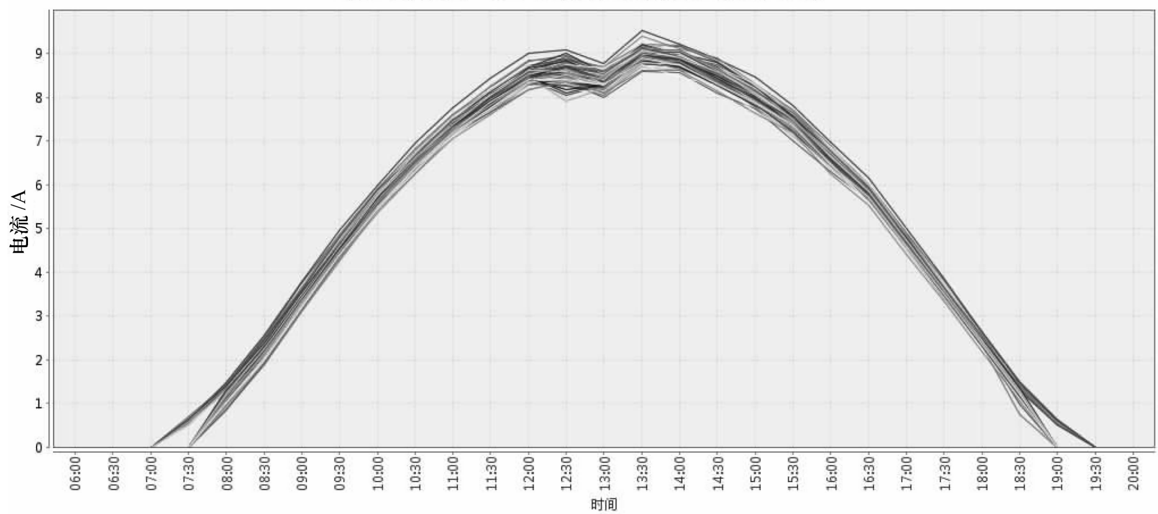


图 8　2014 年 4 月 6 日 某电站一台逆变器组串电流分布曲线

表 1　2014 年 4 月某电站逆变器组串电流离散率统计表

日　期	通信异常		0～5%（稳定）		5～10%（良好）		10～20%（待提高）		20% 以上（必须改进）	
	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）
2014-04-01	2	0.31	66	10.31	109	17.03	330	51.56	133	20.78
2014-04-02	2	0.31	44	6.88	136	21.25	272	42.50	186	29.06

（续）

日　　期	通信异常		0～5%（稳定）		5～10%（良好）		10～20%（待提高）		20%以上（必须改进）	
	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）	数量/台	百分比（%）
2014-04-03	5	0.78	100	15.62	94	14.69	303	47.34	138	21.56
2014-04-04	3	0.47	23	3.59	155	24.22	266	41.56	193	30.16
2014-04-05	2	0.31	105	16.41	108	16.88	268	41.88	157	24.53
2014-04-06	2	0.31	158	24.69	62	9.69	303	47.34	115	17.97
2014-04-07	2	0.31	144	22.50	79	12.34	296	46.25	119	18.59
2014-04-08	2	0.31	159	24.84	57	8.91	297	46.41	125	19.53
2014-04-09	2	0.31	141	22.03	76	11.88	305	47.66	116	18.12
2014-04-10	2	0.31	139	21.72	82	12.81	283	44.22	134	20.94
2014-04-11	7	1.09	63	9.84	103	16.09	339	52.97	128	20.00
2014-04-12	2	0.31	68	10.62	138	21.56	287	44.84	145	22.66
2014-04-13	2	0.31	154	24.06	68	10.62	298	46.56	118	18.44
2014-04-14	2	0.31	105	16.41	118	18.44	293	45.78	122	19.06
2014-04-15	2	0.31	99	15.47	122	19.06	291	45.47	126	19.69
2014-04-16	2	0.31	121	18.91	103	16.09	292	45.62	122	19.06
2014-04-17	2	0.31	107	16.72	117	18.28	267	41.72	147	22.97
2014-04-18	2	0.31	35	5.47	132	20.62	313	48.91	158	24.69
2014-04-19	4	0.62	23	3.59	161	25.16	294	45.94	158	24.69
2014-04-20	2	0.31	36	5.62	132	20.62	349	54.53	121	18.91
2014-04-21	3	0.47	15	2.34	160	25.00	276	43.12	186	29.06
2014-04-22	3	0.47	159	24.84	71	11.09	305	47.66	102	15.94
2014-04-23	2	0.31	143	22.34	77	12.03	305	47.66	113	17.66

（7）资产管理

资产管理为电站资产管理工作提供全方位、可靠、高效的动态数据与决策依据，实现资产管理工作的信息化、规范化与标准化管理，全面提升企事业资产管理工作的工作效率与管理水平，系统根据电站生产运行管理要求定制资产管理功能。

（8）生产运营报表

生产运营报表是根据公司生产运行管理要求，以电站运行数据为基础生成的各类统计报表，具体报表格式由电站生产管理部门提供。

4. 系统特点

光伏电站智能化信息管理系统的主要特点概括如下：

1）规范了流程处理过程，以往电厂采用手工填写，少填、误填、乱填现象时有发生，给电厂管理规范化工作的开展制造了不少障碍，采用该系统后，通过计算机控制，可减少此类现象的发生，为电力企业业务流程优化提供基础数据。

2）通过标准化的管理达到企业最佳的业务实践，系统提供了标准作业、标准工作票、

标准操作票、技术问答、文档库等知识管理模块。

3）实时监测环境监测仪、汇流箱、逆变器和电能计量表等关键设备的运行状态，基于B/S架构设计，实现了现地监控与远程监测的完美结合，全面、直观地展示电站关键设备的运行情况，及时、准确地提示设备异常信息，并快速定位故障设备，辅助运维人员迅速完成现场消缺工作，最大限度地降低电站损失。

4）实现了电站运行数据的快速查询、统计和分析。系统以光伏电站生产运行指标体系为标准，对电站运行数据进行多层次、多维度综合对比分析，评估电站生产运行情况，提供全面的生产运行报表，为电站管理决策提供有力的数据支持。

5）增强企业管理的透明性。该系统提供查询界面，员工可以从任一台客户机上随时查找需要的信息，同时对数据修改提供权限设置，防止别人任意修改。

5. 核心价值

光伏电站智能化信息管理系统的核心价值如下：

（1）是电站故障分析判别的有效工具

系统实时监测环境监测仪、汇流箱、逆变器和电能计量表等关键设备的运行状态，基于B/S架构的设计，实现了现地监控与远程监测的完美结合，全面、直观地展示了电站关键设备的运行情况，及时、准确地提示设备异常信息，并快速定位故障设备，辅助运维人员迅速完成现场消缺工作，最大限度地降低了电站损失。

（2）是提高发电量和综合效率的有效工具

该系统在实时监测各类数据的同时，还能够实现对电池组件、逆变器、光伏发电单元和系统整体效率的对比分析，按照当日辐照量计算理论发电量与实际发电量进行对比，查找影响发电量的各种因素。

（3）是推动规范化管理、标准化管理的手段

该系统的日常办公管理主要包括日常工作记录、两票管理、交接班管理、检修管理、故障缺陷管理、安全生产管理等功能，为企业的安全生产提供了根本保障，实现了电站日常工作和流程的规范化、标准化、数字化管理，全面提高了电站日常工作效率，提升了电站生产运行管理水平。

（4）多维决策分析，提高电站管理效率

系统以光伏电站生产运行指标体系为标准，在太阳能资源指标、电量指标、能耗指标和设备运行水平指标的基础上，对太阳能资源、发电量、负荷、性能、损耗及逆变器、汇流箱和电池组串运行情况，进行多层次、多维度综合对比分析，评估电站生产运行情况，提供全面的生产运行报表，进而提高电站的管理效率，为管理决策及设备选型提供了有力的数据支持。

（5）综合物资管理，智能高效

系统具有适用于光伏电站的物资管理功能，主要包括物资的分类、入库、出库、库存、台账、借用归还等功能，为电站的物资管理提供了智能高效的工作方式。

（6）积累数据、促进设计优化，推动行业进步

系统积累了大量的电站及设备运行经济技术指标、实际辐照量与发电量关系、理论发电量与实际发电量对比的关系曲线、气象数据等经验型数据。为今后电站设备选型、设计优化提供依据，也对光伏发电行业发展规划提供了宝贵的参考性数据。

6. 应用案例

该系统目前已经在包括龙羊峡水光互补 320MWp 光伏电站、青海共和产业园区一期 200WMp 光伏电站、青海格尔木一期 200MWp 光伏电站以及二期 100MWp 光伏电站等国内多个大型光伏电站上成功应用，我们以格尔木一期 200MWp 光伏电站为例，说明光伏电站智能化信息管理系统解决方案在电站的应用。

1）通过对光伏电站智能化信息管理系统的应用，格尔木一期 200MWp 光伏电站克服了设备多且分散、巡检工作量大的困难，光伏电站的编码、生产运行指标和管理过程都得到了规范，实现了光伏电站智能化办公、标准化作业。

2）格尔木一期 200MWp 光伏电站信息化管理系统通过实时监测光伏阵列、汇流箱和逆变器等设备的运行情况，使运行检修人员方便快速的定位故障设备，缩小设备巡查范围，从而提高电站生产运行管理人员的工作效率。

3）格尔木一期 200MWp 光伏电站信息化管理系统通过对电站不同厂家的电池组件和逆变器技术指标进行对比分析，积累了大量的电站及设备运行数据，为今后光伏电站设计优化及设备选型工作提供科学依据。

4）光伏电站各发电单元的性能与电池组件、汇流箱、逆变器及其他连接设备的可靠性息息相关。通过智能化信息管理系统的分析表明，格尔木一期 200MWp 光伏电站存在汇流箱异常故障，导致损失电量一定数量上的存在，因此提高设备的可靠性是增加电站发电量的有效措施之一。

7. 结束语

本文所提供的光伏电站智能化信息管理系统为电站开展运行管理、设备管理、检修维护管理、安全管理、监测管理和物资管理等提供了信息服务和业务支撑平台，有力提升光伏电站整体发电效能，促进了发电企业管理水平提升，对光伏电站信息化管理建设具有十分重要的意义。

（作者：北京木联能软件技术有限公司　李雪　李韧　白梅芳）

FA32　微型逆变器在智能电网中的应用

（CS52　昱能光伏科技集成有限公司）

1. 概述

智能电网就是电网的智能化（智电电力），也被称为“电网 2.0”。它是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标，其主要特征包括自愈、激励和包括用户、抵御攻击、提供满足 21 世纪用户需求的电能质量、容许各种不同发电形式的接入、启动电力市场以及资产的优化高效运行。

随着光伏产业的迅猛发展，光伏并网发电在电网中所占份额也在日益提高，不论是集中式的太阳能电站，还是分布式的小型光伏并网发电系统，都成为了电网的重要组成部分。同时，随着智能电网的兴起与发展，对光伏发电系统也提出了更高的智能化要求。

在光伏发电系统中，逆变器是将直流电转化为交流电，传输至电网的核心部件，对于系统的智能化监控，基本上也是在逆变器环节完成的。传统逆变器（见图1）有集中式和组串式两种，两者的共同特点是同时接入多块组件，对多块组件同时做监控和操作，存在高压风险，和发电短板效应。

得益于近几年半导体、通信，甚至移动互联网等行业的迅速发展，光伏发电领域也诞生了一款更强大、更安全、更智能的新产品——微型逆变器（见图2）。相比于传统集中式或组串式逆变器，微型逆变器实现了对单块组件的交直流转换和最大功率点独立跟踪，低压接入，组件独立监控等特点都使得微型逆变器相比于传统逆变器更加高效、安全和智能化。



图1　传统逆变器



图2　微型逆变器

基于微型逆变器的上述特点，有微型逆变器组件的光伏发电系统也更加符合智能电网的发展要求和趋势。

下面将对微型逆变器的性能特点及其在智能电网中的应用做进一步阐述。

2. 微型逆变器优点

相比于传统逆变器，微型逆变器存在如下优点：

（1）安全-无直流侧高电压

传统逆变器无论是集中式逆变器还是组串式逆变器都是直流侧多块组件串并联后给逆变器供电，这样在直流侧必然存在一个高电压，一般都会在数百伏以上。这样一个高电压的存在给整幢建筑，尤其是民用建筑带来了极大的安全隐患。经过长时间的户外运行后，很容易发生意外事件（见图3）。



图3　光伏系统建筑发生火灾

也正因如此，各国也相继出台了新政策避免意外的发生，如澳洲新安规要求如果直流侧线缆长度超过1.5m，必须使用护

线管。美国 NEC 2014 标准规定，如果直流侧电压高于 80V，直流侧必须增加快速切断器件。

微型逆变器由于是单组件输入，直流侧电压基本低于 60V，因此不存在上述高电压风险，在系统安装时也不受相应的限制。这不仅给用户增加了安全保证，同时也简化了系统安装和成本。

（2）智能-监控每一块组件

相比于传统逆变器多块组件作为一个监控对象，微型逆变器能够监控到每一块组件和每一台逆变器，能够及时反馈每一块组件的当前工作状态，同时也能对每台逆变器做各种控制和操作。这大大提升了整个系统的信息量和操控的灵活性（见图 4）。



图 4　APS 系统监控页面

（3）可靠-无单点失效现象

传统逆变器如组串式逆变器，当其中一块组件或该逆变器发生故障时，整串系统将处于瘫痪状态，即一个单点失效，将造成系统的不工作；而微型逆变器系统由于每一块组件都是一个独立的发电单元，因此不存在这一单点失效现象，如某一组件或逆变器发生故障而停止工作，不会影响系统中其他组件和逆变器的正常工作，这就大大提升了整个系统的可靠性及使用寿命（见图 5）。

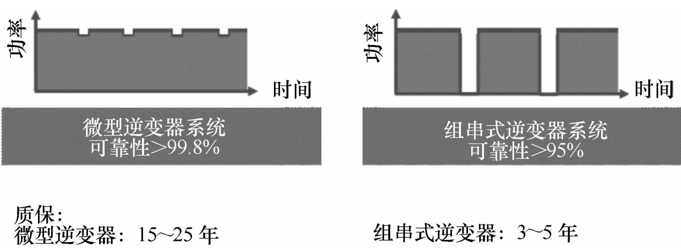


图 5　可靠性对比

（4）强大-组件级最大功率点跟踪

传统组串式逆变器组件的发电效率取决于效率最低的组件，即存在短板效应。这样如果系统中某块组件发生覆盖或遮挡时，所有组件的发电效率都会急剧下降，严重影响发电量。微型逆变器系统由于具有组件级的最大功率点跟踪能力，因此每一块组件都是独立工作于最大功率点，互不影响，即使个别组件发生遮挡也不影响整个系统的发电量（见图 6）。

（5）简化-无需直流侧装置

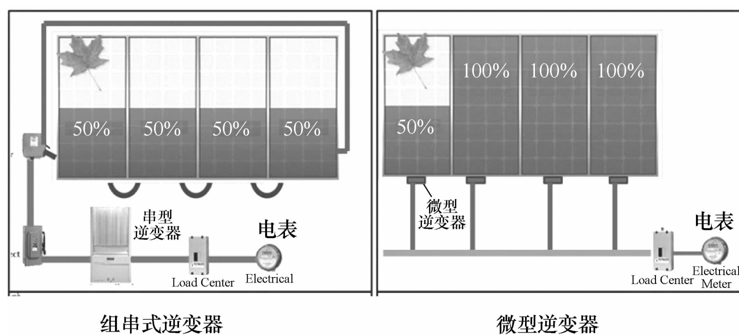


图 6　发电效率对比

传统逆变器往往需要再直流侧增加额外的装置或配件，比如直流线缆，直流断开装置，直流汇流箱等，这就带来了额外的材料成本和人工成本，也使得系统复杂化。微型逆变器可以直接安装在组件或对应的支架上，组件和逆变器接头直接对插即可，无需任何额外设备，更加简单可靠（见图 7）。

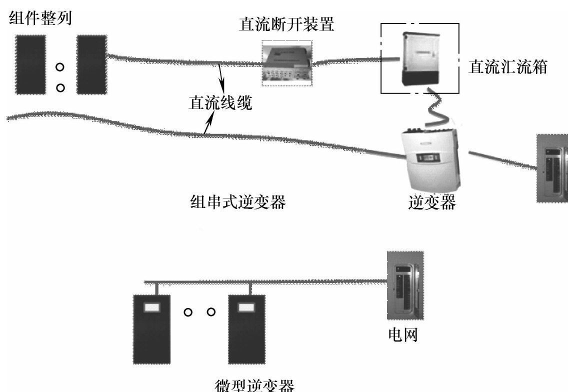


图 7　两种逆变器系统对比

3. 智能分布式小型屋顶(微小)系统

图 8 所示为分布式小型屋顶应用系统架构图，系统由逆变器、ECU、EMA 组成，针对目前小型屋顶的应用中，屋顶组件布局较大，所以组件的数量和单个组件之间发电功率变化较快，而微型逆变器单个逆变器对应 1 ~2 个组件的设计对系统大小具有很强的伸缩能力，且独立的 MPPT 对屋顶组件复杂的功率变化具有较好的适应能力。而组串型逆变器在小型屋顶系统扩展，发电能力等方面都没有微型逆变器强。

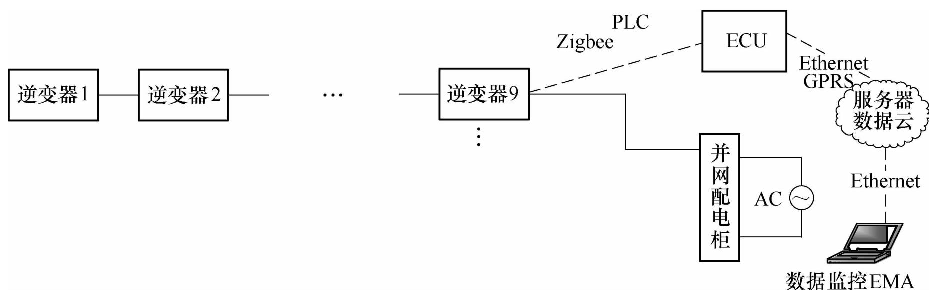


图 8　分布式小型屋顶系统架构图

4. 智能分布式商业屋顶（大）系统

图 9 所示为分布式商业屋顶应用系统架构图。系统由逆变器、多个 ECU、EMA 组成，

基本架构是小型屋顶架构上的扩展，在系统搭建和系统成本上都有优势。跟组串式逆变器的商业屋顶应用相比也有较大的优势。

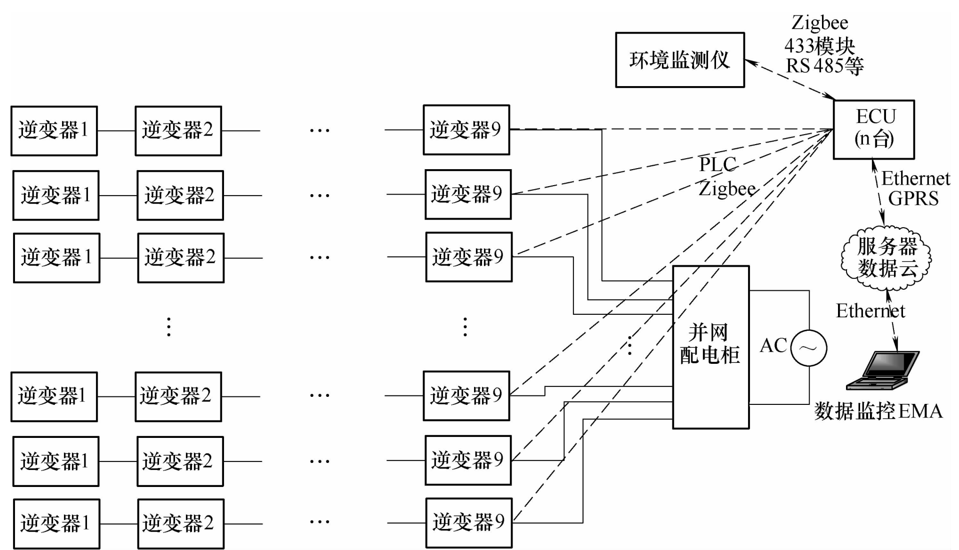


图9　分布式商业屋顶系统架构图

相比组串型逆变器，微型逆变器的优点如下：

1） 直流电压低没有 PID 问题；

2） 使用寿命长；

3） 安全可靠；

4） 每个微型逆变器独立 MPPT，可以跟踪到组件级的水平；

5） 发电数据可以跟踪到组件级别，系统运维容易；

6） 较好的成本和收益。

关于系统成本收益方面，可以用业界普遍用的平准化能源成本（Levelized cost of electricity，LCOE）的计算公式来分析微型逆变器系统方案：

$$\text{LCOE} = \frac{\text{生命周期的总成本}}{\text{生命周期的总发电量}} = \frac{\text{初期投资总成本} + \text{运维总成本} - \text{系统残值}}{\text{生命周期 25 年发电量} \times \text{总衰减率}}$$

（1） 初期投资成本分析

以下是 1MW 系统逆变器成本对比（见表 1）。

表1　1MW 系统逆变器成本对比

	数　　量	数　　量	单价/元	总价/元
1	微型逆变器	1890	1058	200 万
2	组串型逆变器	—	—	75 万
3	集中型逆变器	—	—	38 万

系统安装类成本微型逆变器跟组串型逆变器相当，不过集中型逆变器在线缆上成本相对较高，逆变器成本低很多。

（2）25 年发电量

理论计算微型逆变器比组串型逆变器发电量提高 25%，系统目前实测 10%，所以这部分提升空间很大，目前增加收益计算如图 10 所示。

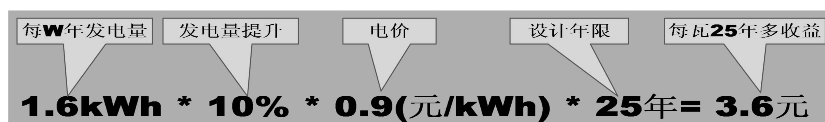


图 10　收益计算

1）发电量提升 10%，1MW 电站 25 年多收益 360 万元，每年收益 14.4 万元。

2）初装成本增加：200 万元 − 75 万元 = 125 万元，需要 8 年左右收回多加成本。

（3）运维成本

微型逆变器在初期投资成本相对较高时，不过运维成本会降低很多，传统逆变器和组串型逆变器在维护的时候定位困难，而且要定期清扫否则会影响组件发电等因素，智能微型逆变器可以定位到每个逆变器，且微型逆变器质保周期内都是以更换逆变器的方式使得系统维护技术门槛低，维护成本低。

（4）衰减率

目前 PID 效应是影响组件发电效率的重要因素。对于组串型和传统型逆变器不可避免地出现直流侧的高压问题，使得 PID 效应更容易发生。而微型逆变器没有这个问题。同时，目前国内外组件性能参差不齐，好的 20 年就衰减 6%，差的 20% 多，对于出厂性能相同，而经过多年不同程度衰减的组件，具有独立的 MPPT 微型逆变器起到了更大地发挥组件性能的一个至关重要的技术，使组件维持长期较高的发电量。

综上所述，考虑到逆变器投入成本和后期增加收益的关系，微型逆变器的 LCOE 值相对偏小，具有较好的性价比，优势明显。

5. 微型逆变器光伏系统的智能化监控

由微型逆变器组成的光伏系统主要特点就是智能化的监控，这也是光伏系统满足智能电网要求的一个主要方面。下面以昱能科技公司的微型逆变器系统为例，介绍微型逆变器光伏系统的智能化优势。

图 11 所示为一个典型的微型逆变器光伏系统示意图，通过一个专用监控单元接入配电柜可以采集系统每个组件和逆变器的详细信息，包括组件的电压、电流、功率，逆变器的并网电压、频率、温度和发电量等（见图 12）。

对于数据的监控，即可以通过将监控单元直接接入终端设备，实现本地监控，也可以将监控单元通过有线或无线方式接到路由器，通过 Internet 实现不受时间和地域限制的远程实时监控（见图 13）。

为方便用户操控，昱能科技提供了多种终端设备的接收方式，比如计算机或智能手机等，同时对各种系统和浏览器也做了兼容（见图 14）。

尤其是 2014 年昱能科技新推出针对智能手机的两款操控软件 ArrayApp 和 Powerwatch（见图 15），给用户的安装和监控带来了极大的便捷。

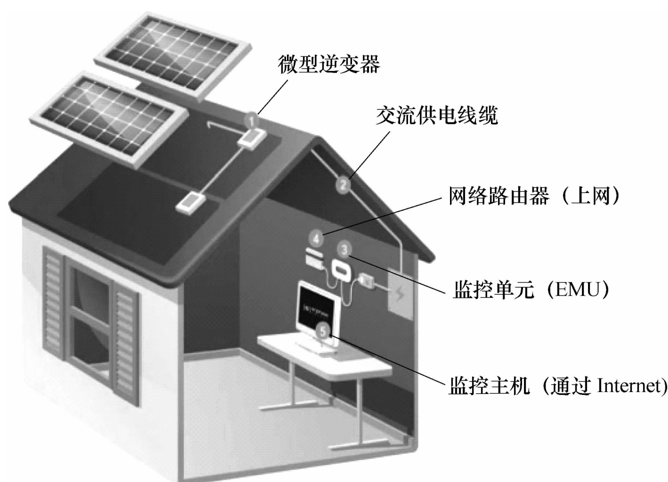


图 11　微型逆变器组件的光伏发电系统

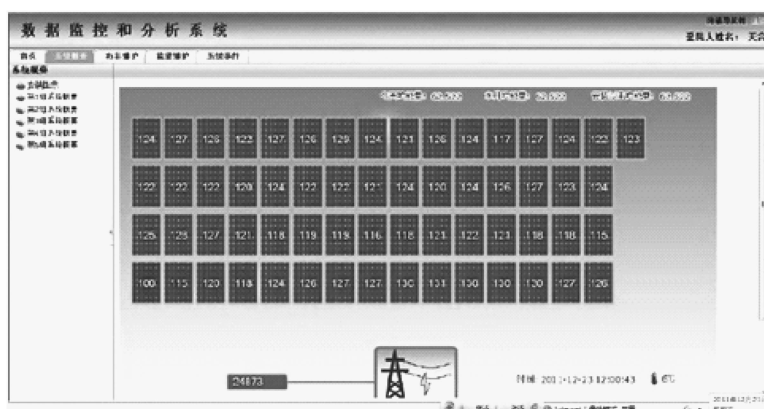


图 12　数据监控页面



图 13　数据传送



图 14　可选浏览设备

ArrayApp 是一款基于智能手机的微型逆变器系统安装软件，通过红外扫描能够快速地记录系统中微型逆变器的序列号和对应的位置，并上传网络。这就省去了安装人员逐台手动记录微型逆变器信息和对应位置的繁琐工作，同时也确保了信息的准确性。

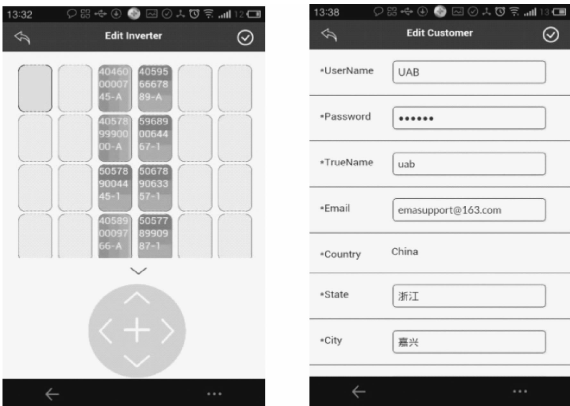


图 15　昱能微逆系统安装 APP 软件 ArrayApp

Powerwatch 是一款基于智能手机的系统监控软件（见图 16），通过这款软件，用户可以摆脱计算机等传统终端设备，直接应用手机和移动互联网络随时随地查看系统的详细工作状态。

6. 结束语

本文首先介绍了微型逆变器作为光伏发电领域一款新产品的基本概念，同时用微型逆变器和传统型逆变器做对比，介绍了微型逆变器安全、智能、可靠、强大和精简这些主要优点。本文也详细介绍了基于微型逆变器的智能分布式光伏系统的构架，并从成本、发电量和可靠性等方面对比了微型逆变器系统的优势。最后文章以昱能科技的微型逆变器系统为例，阐述了微型逆变器系统的在电网中的智能化应用技术。纵观本文，微型逆变器满足了未来智能电网的各方面要求，相比于传统逆变器光伏系统，有着显著优势。



图 16　昱能微逆监控 APP 软件 Powerwatch

（作者：昱能光伏科技集成有限公司　罗宇浩）

FA33　低压元件在光伏发电系统中的应用

（CS02 AEG 配电与控制）

1. 概述

无论从世界还是从中国来看，常规能源都是很有限的，中国的一次能源储量远远低于世界的平均水平，大约只有世界总储量的 10%。而太阳能是人类取之不尽用之不竭的可再生能源，具有充分的清洁性、绝对的安全性、相对的广泛性、资源的充足性和潜在的经济性等优点。

在当今能源短缺的现状下，各国都加紧了发展光伏的步伐。作为专业的光伏行业解决方案提供者，AEG 配电与控制提供专业的意见及建议、系统解决方案及优化、为光伏行业可

靠的断路器产品，能够轻松解决现场需求。

2. 光伏发电系统简介

光伏发电系统是利用的是光生伏特效应，将太阳能转换成电能的发电系统，其可分为独立光伏发电系统（离网）、并网光伏发电系统和分布式光伏发电系统。

（1）独立光伏发电系统（离网）（见图1）

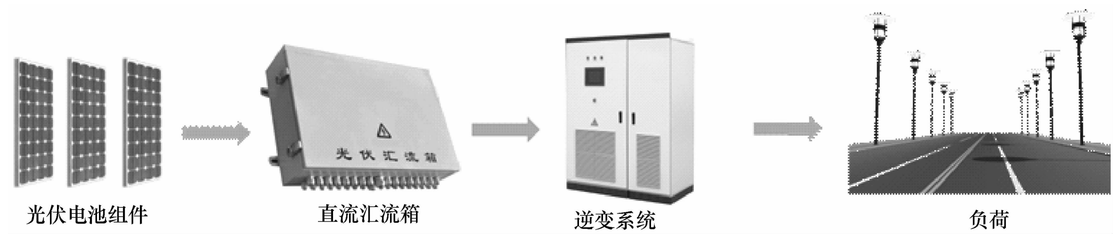


图1　独立光伏发电系统示意

（2）并网光伏发电系统（见图2）



图2　并网光伏发电系统示意

（3）分布式光伏发电系统（见图3）

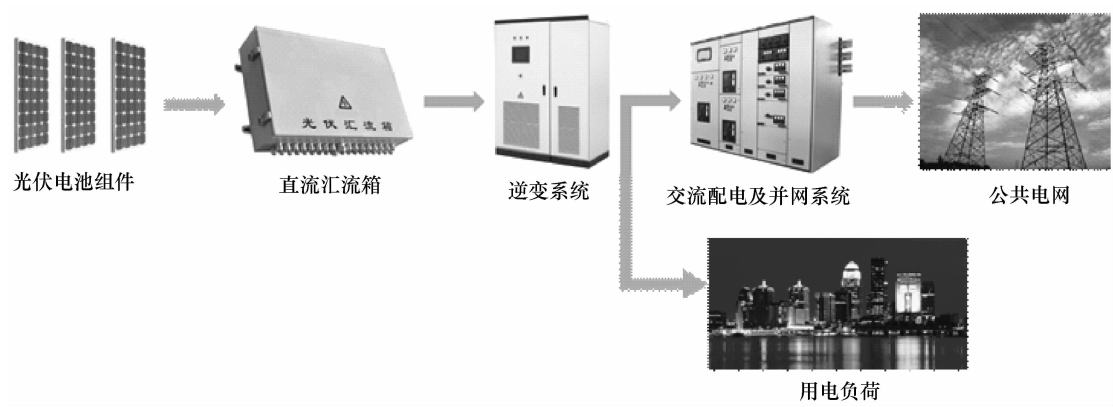


图3　分布式光伏发电系统示意

3. AEG低压产品光伏系统配置方案

从图4中可以看出，光伏发电系统的每个环节都需要可靠的低压开关产品，以提供更加精准的保护。AEG专业的解决方案包括直流汇流箱以及直流配电柜、逆变器、交流配电柜内所必须采用的电气元件：MM9/MC9系列塑壳断路器、E90系列微型断路器、ME09系列框架断路器、AT10系列双电源切换等产品。

下面将着重介绍，AEG断路器在直流汇流箱、逆变、交流配电及并网系统这三个重要的环节的应用。

（1）汇流箱/直流柜

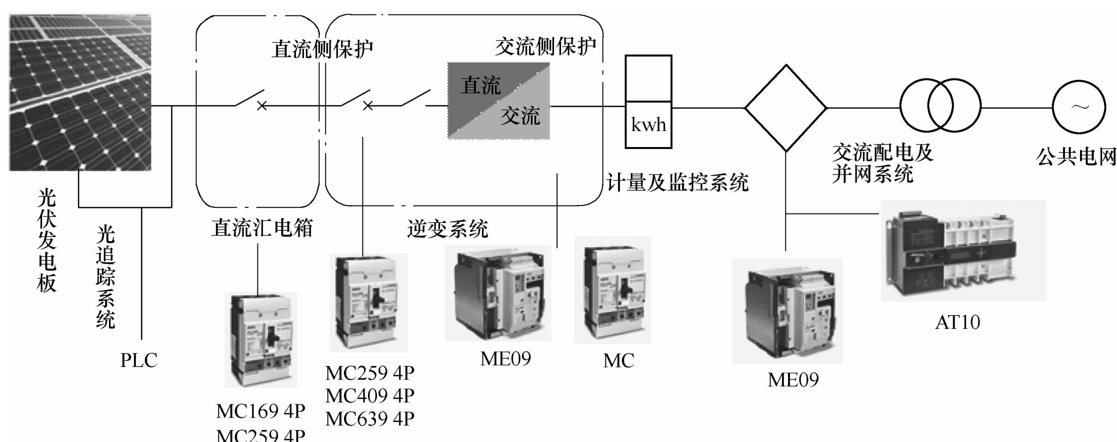


图 4　低压产品光伏系统配置方案

塑壳断路器是汇流箱中的重要保护元件。AEG 小容量 MC9 系列 4 极塑壳断路器，因具有以极高的性价比而在汇流箱中被大量应用。汇流箱接线原理如图 5 所示，断路器局部接线如图 6 所示。

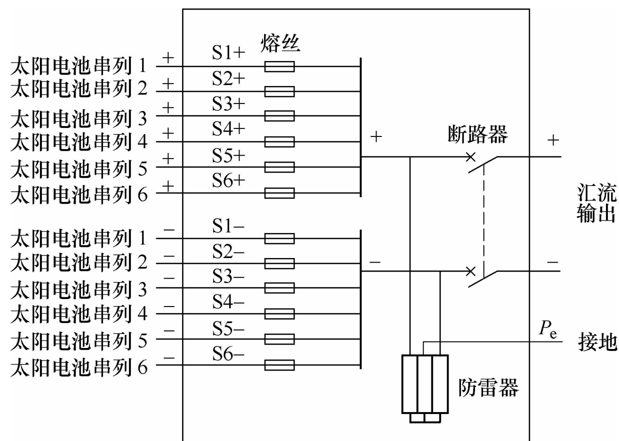


图 5　汇流箱接线原理

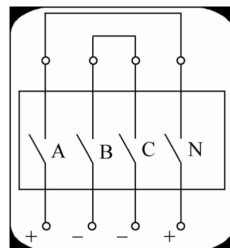


图 6　断路器局部接线

1）独特的旋转式双断点触头系统和单级 DC250V 耐压完全适合直流环境：直流电路的电流不存在过零点，所以在熄弧时必须强制直流燃弧电流等于零，造成对断路器熄弧能力的挑战。

AEG 的 MC 系列 4 极塑壳断路器（见图 7）具有旋转式双断点触头系统和单级 DC250V 耐压，可胜任直流环境 1000V 耐压的要求，可靠熄灭电弧。

2）采用了德国优异的制造工艺，在极端严酷的野外自然环境中也能正常工作：在光伏发电站中，汇流箱与光伏组件阵列是在最恶劣的户外环境下紧密共存的一对难兄难弟。作为经

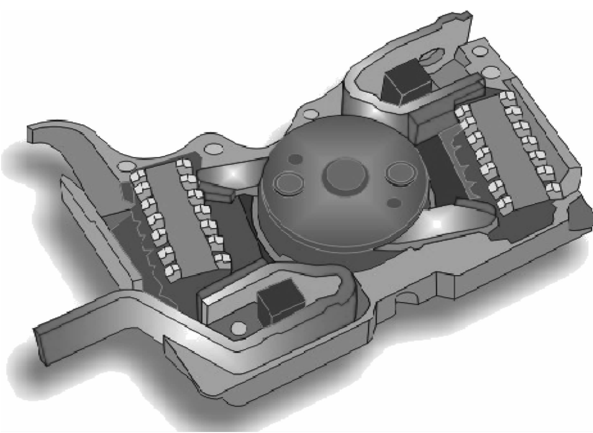


图 7　MC 系塑壳断路内部结构

过极限试验（DME）是验证的产品，MC9 系列塑壳断路器，无论是在沙漠、戈壁或历经严寒酷暑、日晒雨淋，都能为汇流箱单元提供可靠精准的保护。

（2）逆变部分

逆变器的功能是将来自汇流单元的直流电转化为交流电，提供给电网。图 8 为逆变器部分主回路典型示意图。

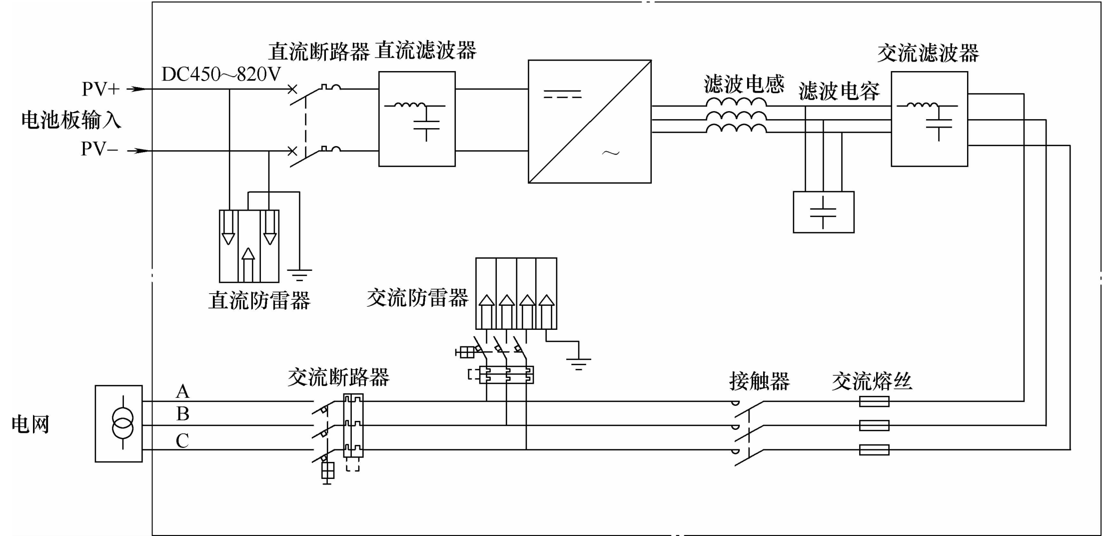


图 8　逆变器典型主回路

AEG 大容量塑壳断路器之所以能够在独特的直流环境中精确保护昂贵的逆变器，具有以下独特优势：

1）多种电流保护方式可选：传承 AEG 百年德国品质和先进的设计制造理念和 AEG 电力产品一贯优良特性，AEG 大容量低压塑壳断路器采新全能型电子脱扣器基于 32 位处理器技术，可以实现 L、S、I、G 四段式保护，整定范围更宽达 0.3～$1I_n$，提供了完整的增强型选择性保护功能，能够胜任逆变的特殊保护需求。

2）－20～＋70℃的超大适用温度范围和 2000m 海拔不降容，体现 MC 系列塑壳断路器优异的设计和制造工艺。

（3）交流配电及并网系统

在光伏发电系统中，交流配电及并网系统位于逆变器与交流负载之间，承担接受、调度和分配电能的功能。其中框架式空气断路器，无疑是非常重要的一次元件。



图 9　ME09 框架式空气断路器

久负盛名的 AEG ME 系列框架式空气断路器已经发展到第 9 代（见图 9），在原有的高性能基础上加入了的参数同步功能 PAMM 模块，而 M-PRO 智能脱扣器功能更加强大，具有过负荷、短路定时限护、短路反时限、短路瞬时、接地故障等全方位保护，同时可以实现全电量参数测量，还有多达 22 条脱扣曲线可供选择，可以满足客户所有需求。同时，具有－45～＋70℃的工作适用温度，就算在地球上最严酷的环境下也能可靠运行。

（作者：AEG 配电与控制　王云　严宇浩）

FA34　通信基站直流嵌入式光伏供电系统

（CS56　中科恒源科技股份有限公司）

1. 概述

大量应用案例已证实，将新能源应用于通信行业除能达成降低能源消耗、减少环境污染的政府节能减排目标外，还可作为通信设施的后备稳定保障电源，在自然灾害或电力不稳定时，作为应急供电保障，提供设备所需电力，提升了通信基站的供电等级，确保通信网络的持续稳定性。

报告显示，运营商80%的能源供应都来源于传统石化电能，通信行业节能减排问题日趋严峻。目前国内外的运营商正谋求政策支持以实现更多新能源独立供应方式，减少对传统煤炭、石油等石化能源的依赖，重视减少温室气体排放的社会责任。因此，推进新能源广泛应用于通信行业，明确新能源推广模式未来发展方向和重点，既符合国际通信行业节能减排的趋势，亦有利于树立运营商在社会和国际上节能环保形象，形成新的竞争优势。

本解决方案采用嵌入式光伏系统作移动基站直流供电补充，系统所发电量直接被直流负载所消耗，从而减少基站对市电的消耗，节省市电用量从而实现节能减排目标。

2. 系统原理（见图1）

光伏直流嵌入式发电系统主要由光伏组件、通信光伏控制器、计量装置、连接导线、加固件等模块化部件组成。其原理为，太阳能通过光伏组件转化为直流电能，通过通信用光伏控制器，将直流电能转化为-48V的直流电，光伏控制器输出端直接连接在通信用开关电源的直流母排上，与蓄电池和负载设备并行连接，通过设置光伏控制器输出端电压比母排电压略高，保证系统优先使用太阳能所发的电量。

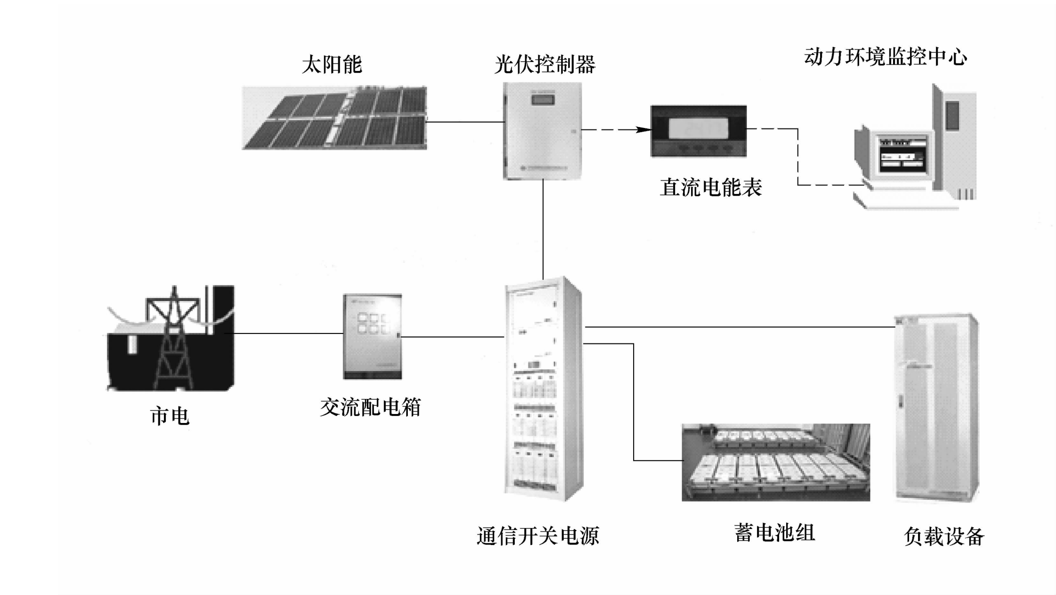


图1　通信基站直流嵌入式光伏供电系统原理示意图

3. 系统配置

以通信基站直流负载 30A 为例，系统配置见表 1。

表 1　直流嵌入式 30A 系统配置

名　称	规　格	数　量	单　位
光伏组件	300Wp/36V	6	块
光伏控制器	GK4835A	1	套
支架	1800Wp	1	套

关键产品通信光伏控制器 GK4835A 介绍：

GK4835A 是带有 MPPT 功能的通信光伏控制器模块，将太阳能组件的电能转化成稳定的直流电为负载供电，或给蓄电池充电。主要应用于移动通信基站、局用机房、偏远独立供电站点的通信设备直流供电。产品采用 DSP 控制技术，直流输出为隔离型自主稳压方式，充电采取智能限流方式充电，具有光伏反接、输入过/欠电压保护，输入过电流保护；蓄电池高/低电压保护；输出短路，输出过电流等保护功能；采用智能监控单元可通过串口通信方式调整其输出参数和工作保护值。产品具有智能蓄电池专家维护管理功能。

4. 系统特点

通信移动基站直流嵌入式光伏供电系统特点如下：

1）系统供电安全可靠：光伏控制器具有上限/下限电压保护、高压关断、过电流等保护功能，室外支架及控制器统一接入通信基站接地排，且室外和室内设备分别配备 B 级及 C 级防雷器，满足通信基站防雷和接地要求。

2）延长后备供电时长：白天市电断电时，光伏系统直流输出为基站直流负载和蓄电池供电，延长蓄电池的后备供电时间 3～5h，减少了基站运维成本。

3）高转换效率保障系统发电量：控制器具有高性能的整机效率及 MPPT 最大功率跟踪功能，光伏控制器 DC/DC 的整机效率大于 94%，MPPT 最大功率跟踪效率高达 99%。

4）智能化远程监控管理：光伏电源系统可配置监控器，完成对各个基站光伏电源模块的实时监测，并具有当地（显示屏）/远程（RS485）监控功能，监控的信息包括发电量、模块的输出电流、输出电压等。

5）经济性低成本投资：系统容量配置依据通信基站负载大小和地域日照条件，光伏发电满足直流负载需求即可。

6）嵌入式安装方式施工安装简便：系统可在线安装，实现直流供电的不间断切换。由于采用直接并联的方式，对于原在用的直流电源系统不需要做任何的改变，可以实现不断电操作开通。

7）可安装性强：针对不同的移动基站组件支架采用标准化低成本独立支杆的安装方式，可充分利用基站空地。光伏控制器采用热插拔模块化设计，方便基站负载扩容，扩容并接方便。

8）室外支架连接部件均采用防盗螺栓设计，并配备专用的安装工具，减免室外设备被盗的风险。

5. 解决方案实景（见图2）



图2　系统实景

（作者：中科恒源科技股份有限公司　任彦超　柯兵　杨军）

FA35　基于组串逆变器的智能大型光伏电站解决方案

（CS20　合肥海润电力科技有限公司）

1. 概述

中国的并网光伏发电呈现出“分散开发、低压就地接入”与“大规模集中开发、中高压接入”并举的发展特征。从应用情况看，荒漠或边远地区，大型地面光伏电站的规模化建设是今后重要的发展趋势。光伏发电产业技术的不断进步和规模的不断扩大，光伏发电技术日渐成熟，以及系统成本不断下降，大型地面光伏电站在中国获得了大规模开发，特别是拥有大面积的荒地和荒漠资源、丰富太阳能资源的西部地区。

大型地面光伏电站设计方案通常采用集中式方案，特别适用于地势平坦、无遮挡、中高压并网电压、电能质量和电网调度要求高等场合。同时集中式大型地面光伏电站正面临提高发电量与降低投资成本的矛盾日益突出；集中式方案无法适应多样化的场景和需求如地面起伏不平、朝向不一致、局部遮挡、不同组件型号、可安装的面积大小不同、相对零散等；电站越建越多，存量管理问题突出如监控困难、故障定位难、服务响应慢、厂家关门、专业维护人员难找、买不到备件等的挑战。智能光伏电站具有智能监测、智能诊断、智能控制、智能管理等功能，采用将数字信息技术与能源技术充分融合的智能技术。为有效改善和解决传

统电站建设和运维的问题，降低系统初始投资和运维成本，提升发电收益，具有高效、智能、安全和可靠特点的智能光伏电站是发展方向，组串式方案是解决方案之一。组串式方案地面电站在光伏产业发达的欧洲地区已经得到较广泛应用。

2. 组串式方案和集中式方案比较

大型地面电站通常采用“模块式、分块发电、集中并网”方案，以1MW为模块单元。1MW集中式方案，采用两台500kW集中式逆变器；1MW组串式方案通常采用20～30kW逆变器。以采用250Wp多晶组件、28KTL组串逆变器和500KTL集中式逆变器为例，1MW组串式逆变器和集中式逆变器方案配置见图1和表1，优劣势对比见表2。

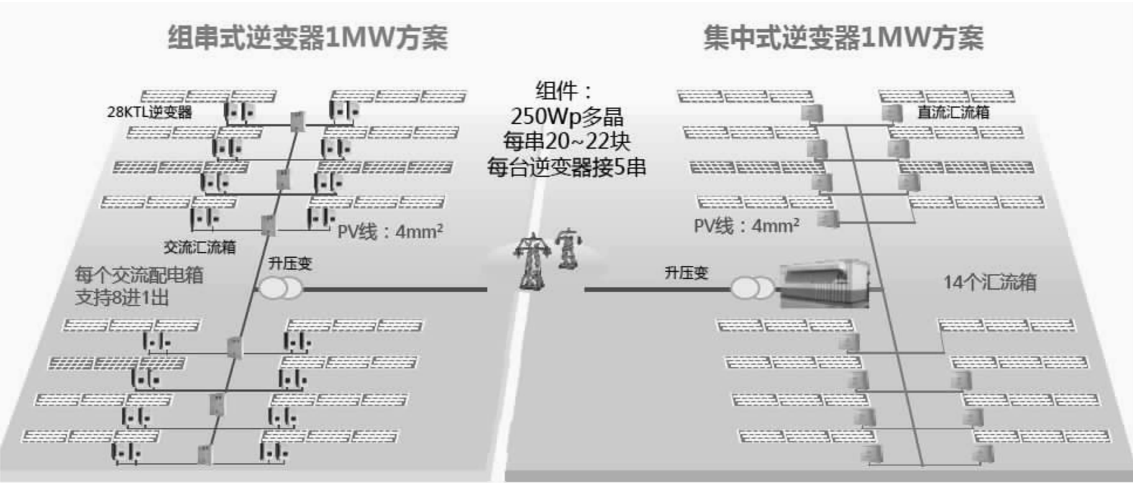


图1　组串式逆变器和集中式逆变器1MW方案示意图

表1　组串式逆变器和集中式逆变器1MW方案配置对比

名　　称	组串式1MWp方案			集中式1MWp方案		
	单位	数量	价格/万元	单位	数量	价格/万元
多晶250Wp组件	块	3780	═	块	3780	=
逆变器（28KTL/500KTL）	台	36	65	台	2	35
16进1出智能汇流箱	台	—	—	台	14	7
8进1出直流配电柜	台	—	—	台	2	2～3
8进1出交流配电箱	台	6	3.6	台	—	—
逆变室含风道	套	—	—	套	1	9～15
35kV箱式升压变（双绕组/双分裂）	台	1	18～20	台	1	20～22
直流电缆	套	1	4～5	套	1	15～19
交流电缆	套	1	13～16	套	1	6～8
除组件外主要设备成本合计	103.6～109.6			94～109		

表 2　组串式方案和集中式方案优劣势对比

对比项目		组串式逆变器方案	集中式逆变器方案
初始投资	设备成本	组串式和集中式方案设备成本基本持平，只需采购组串逆变器和交流配电柜，省却智能汇流箱、直流配电柜；采用双绕组箱变，比双分裂箱变成本低 10%	需要采购集中式逆变器、智能汇流箱、直流配电柜等；采用双分裂箱变
	设计和施工成本	省却逆变房设计和施工；易施工；组串式方案 1MW 施工工期和费用比集中式方案降低约 10%	需要逆变房设计和施工，以及风道施工
	组件一致性、安装一致性、朝向一致性、场地平整度、组件型号一致性	无强制要求，支持不同组件型号混用	强制要求一致
	设备采购	组串式成套简单，设备种类少，采购周期短	集中式成套复杂，设备种类多，采购周期长
运维成本	维护工作量	维护部件少、逆变器基本免维护；组串式运维成本相比集中式运维成成至少低 10% 以上	汇流箱检修、熔丝更换；机房定期扫灰、风扇检修、过滤网定期清洗
	故障修复简易度	整机备换，快速更换；无需专业维护人员；故障恢复快	设备复杂，需专业人员维修；故障定位及修复时间长；备品备件种类多，管理复杂
	安全和可靠性	由于避免汇流箱起火和减少高压直流拉弧，从而减少直流侧故障引起的火灾隐患；主动安全设计（防 PID 效应、减直流）；免维护设计，减少易损件使用	存在直流侧故障引起的火灾隐患；被动安全保护（熔丝）；需大量常规维护来保持电站可靠性
	智能	智能组串监控；智能电站运维、电站健康检查；主动电网适应（THD 自适应）	无组串监控，或简单的组串数据采集；电站监控信息简单采集与呈现；被动电网适应
收益提升	发电量收益提升	多核发电，多路 MPPT；组串式方案比集中式方案发电量提升 >5%；故障影响范围小，不中断发电；遮挡、组件失配对发电量影响小；弱光发电能力高于集中式逆变器 0.2%；综合效率优于集中型逆变器 0.3%	单核发电，单路 MPPT；故障导致 500kW 系统停止发电；遮挡、组件失配对发电量影响大，与组串式相比损失估计 >3.8%；直流压差和 MPPT 损失 >0.1%，汇流箱、直流柜监控损耗、环境检测设备功耗及集中型逆变器夜间功耗，损失估计 >0.3%
	土地使用成本	多路 MPPT 可节省占地面积，在相同发电量情况下，估计可节省 15%	

综上所述，基于组串式逆变器的智能大型电站解决方案，能实现高效、智能、安全和可靠，与集中式方案相比，发电量提升大于 5%，鉴于目前组串逆变器价格，组串式方案与集中式方案系统综合成本相当。智能组串监控使得早预防、早发现、早解决、维护更简单，实现对组件的智能管理，实时监控组串状态，发生异常自动告警，精确定位组串故障，恢复时间短，方便运维，提升发电量，从而实现多发电和节省运维成本目的。

3. 组串式方案应用案例

海润光伏金昌一期 20MW 项目，采用 10MW 组串式方案和 10MW 集中式方案，项目位于甘肃省金昌市，光伏组件采用 HR-250W 多晶硅光伏组件，采用最佳倾角 37°固定式安装，采用分散逆变、两级升压和集中并网方案，采取 480V/35kV/110kV 两级升压并网的方式，组串式方案 1MWp 光伏发电系统设置 1 台容量为 1000/1000kVA 升压变压器。其中光伏组串数量为 22 块，每 5 个光伏组串接入 1 台 28KTL 组串式逆变器，每 8 台组串式逆变器接入 1 台 8 进 1 出交流配电柜，5 台交流配电柜接入箱式升压变 480V 低压侧，通过箱式升压变将 480V 交流电压升至 35kV，再由 1 条 35kV 集电线路接至 35kV 配电母线，经一台容量为 63MVA、35/110kV 主变压器升压至 110kV 后接入电网。

组串逆变器采用无风扇设计，自然散热，以及采用 SiC 功率器件，降低损耗，IP65 防护等级，防沙尘效果好，减少维护成本。为了减少交流损耗，组串逆变器提高其交流侧输出电压，同时组串逆变器实现组串的精细化的智能管理，电站信息智能管理。基于组串逆变器 1MW 子系统布置图和光伏系统图如图 2 和图 3 所示。

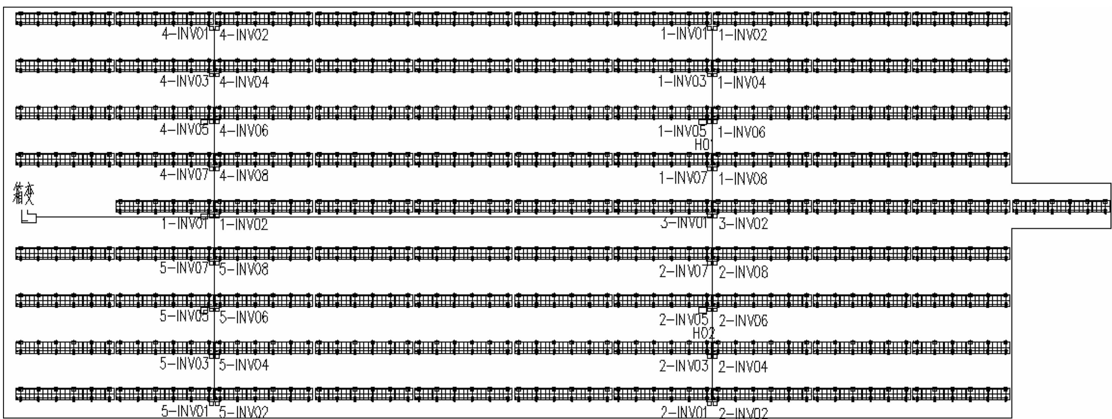


图 2　基于组串逆变器 1MW 子系统布置图

4. 结束语

本文分析在大型地面光伏电站传统集中式方案存在的不足，如提高发电量与降低投资成本的矛盾，无法适应多样化的场景和需求，以及电站存量管理问题等，通过集中式逆变器方案和组串式逆变器方案从配置和优劣势对比，组串式方案与集中式方案系统综合成本相当，但基于组串式方案的智能大型光伏电站解决方案，能降低系统初始投资和运维成本，提升发电收益，具有高效、智能、安全和可靠的特点，同时介绍了组串式方案应用案例，随着组串式逆变器成本降低，组串式方案在大型地面光伏电站中将占有一席之地，并发挥越来越重要作用。

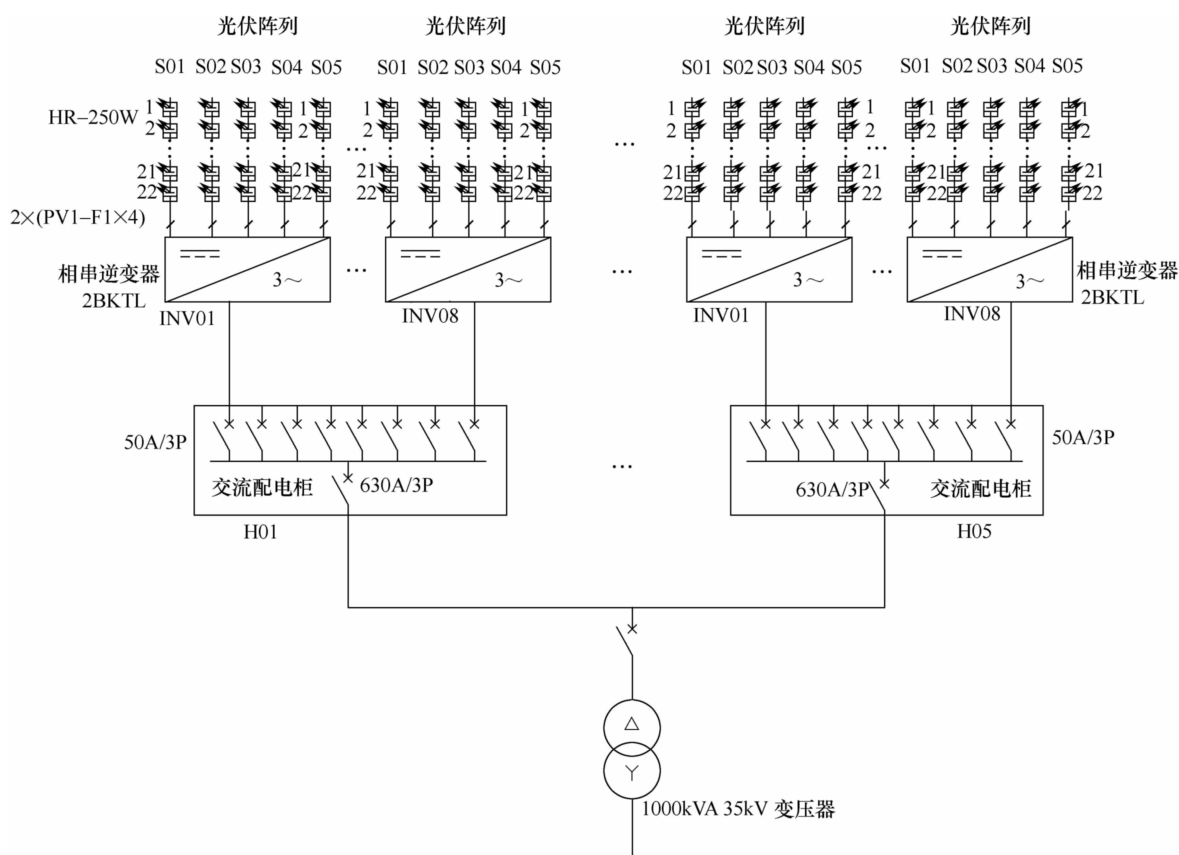


图 3　基于组串逆变器 1MW 光伏系统图

（作者：合肥海润电力科技有限公司　钟建安）

FA36　用于风力发电的 TwinCAT3 状态监测系统

（CS11　德国倍福自动化有限公司）

风力发电机组中的自动化程度正在不断地提升。除了主控系统外，在线监测和风场网络也发挥着越来越重要的作用。许多传统控制器的供应商遇到了无法逾越的性能瓶颈。其解决办法就是自动化系统，该系统以一套科学方法为基础，将所需的测量设备集成到标准控制架构中。

Beckhoff 科技自动化技术将高性能工业 PC 或嵌入式控制器、高稳定性的 EtherCAT 现场总线系统和智能软件完美整合于一体。这些组件也是在对风力发电机组进行自动化改造所不可或缺的。风力发电机组制造商们想要使用相同的系统完成控制任务、监控、电网同步和系统间通信。只要想到在控制器上处理的复杂状态监测算法，使用多核 CPU 的优势就显而易见了。Beckhoff 目前推出了新型 CX2000 系列，这些功能强大的 CPU 是风力发电机组制造商们喜爱的导轨安装式嵌入式控制器。CX2000 系列采用的是 Intel Sandy Bridge 处理器。除此

之外，还有经济型 Sandy Bridge Celeron®、Intel® Core™ i7 处理器可供用户选择。甚至配备了 1.5 GHz 处理器（双核）的 CX2030 系列采用的也是无风扇设计，因为没有旋转部件，因此运行也非常稳定。

因此必须使用合适的软件来充分发挥这些控制器的性能优势。这就是为什么要使用 Beckhoff TwinCAT 3 控制软件的原因。TwinCAT 3 的实时环境使得任意数量的 PLC、安全 PLC 和 C++ 任务都能在同一个或不同的 CPU 内核上执行。

1. TwinCAT 3 状态监测库

最新的 TwinCAT 3 状态监测软件库提高了这些选项的利用率。通过快速任务记录原始数据，然后通过慢速任务进行进一步处理。这样可持续记录需测量的数据，然后通过诸如功率谱、峰态、波峰因数及包络谱等算法进行分析。用户无须担心任务间的通信，因为状态监测库会自动对其进行处理。软件库中各个功能块产生的结果会被记录到全局转移托盘（一种内存表）中。在全局转移托盘中，结果会被复制给变量或借助其他算法进行进一步处理。这样，用户便可以配置他们自己的测量和分析链。（见图 1 和图 2）。



图 1　调用 winCAT3 中的功率谱功能块

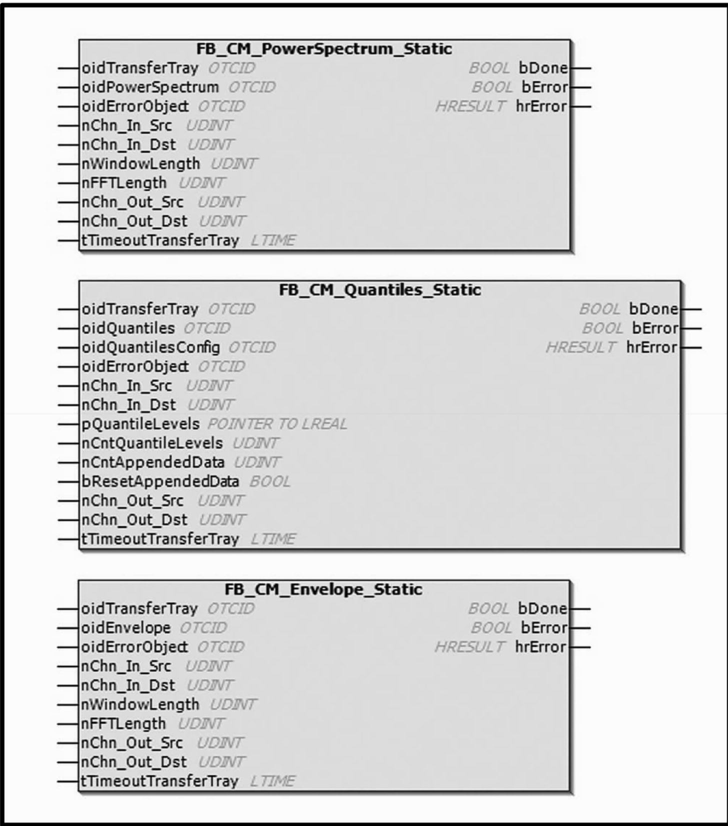


图 2　TwinCAT3 状态监测库提供不同的功能块用于信号分析

特别在风电行业、智能电网、微电网等领域，必须对这类开发产品进行大量的测试和仿真，因为一旦投入运行，在现场进行修改和升级就会相当耗时，且成本也较高。若要节省时间和开发成本，可以使用 Matlab®/Simulink® 对源代码进行实时仿真。这样，很多问题在试运行前就可以通过检测并进行相应修正。在为 TwinCAT 3 Run-Time 环境创建 Matlab®/Simulink®模型时，无需使用 Beckhoff 的特殊组件或对原始模型进行其他修改。Matlab® 及 Simulink®编译器会自动生成 C++ 代码，然后 C++ 代码会被编译到 TwinCAT 3 模型中。通过实例化，用户可以轻松地重新使用模块。例如，用户可以在 TwinCAT 中直接看到设置断点的 Simulink®框图。

除了 TwinCAT 3、状态监测系统和 Matlab®/Simulink®集成包之外，TwinCAT Scope 还实现了科技自动化软件所有相关信号的可视化。TwinCAT Scope 由两个组件构成，其中 View 组件用于以图表的形式显示信号；Server 组件用于将数据记录在目标设备中。TwinCAT 3 安装文件通常包括基本版的 Scope。这特别适合用于系统调试。Scope 能够让用户以图形化方式快速概览设备状态。使用不同的光标可以准确读取测量数据，其准确度甚至可以达到微秒级范围。如果数值范围较大，可切换至对数显示。Scope 产品实现了许多额外的功能，例如长期记录或集成在 .NET 可视化软件中。所有级别的 Scope 产品都可显示 EtherCAT 测量端子模块的超采样值（见图 3）。

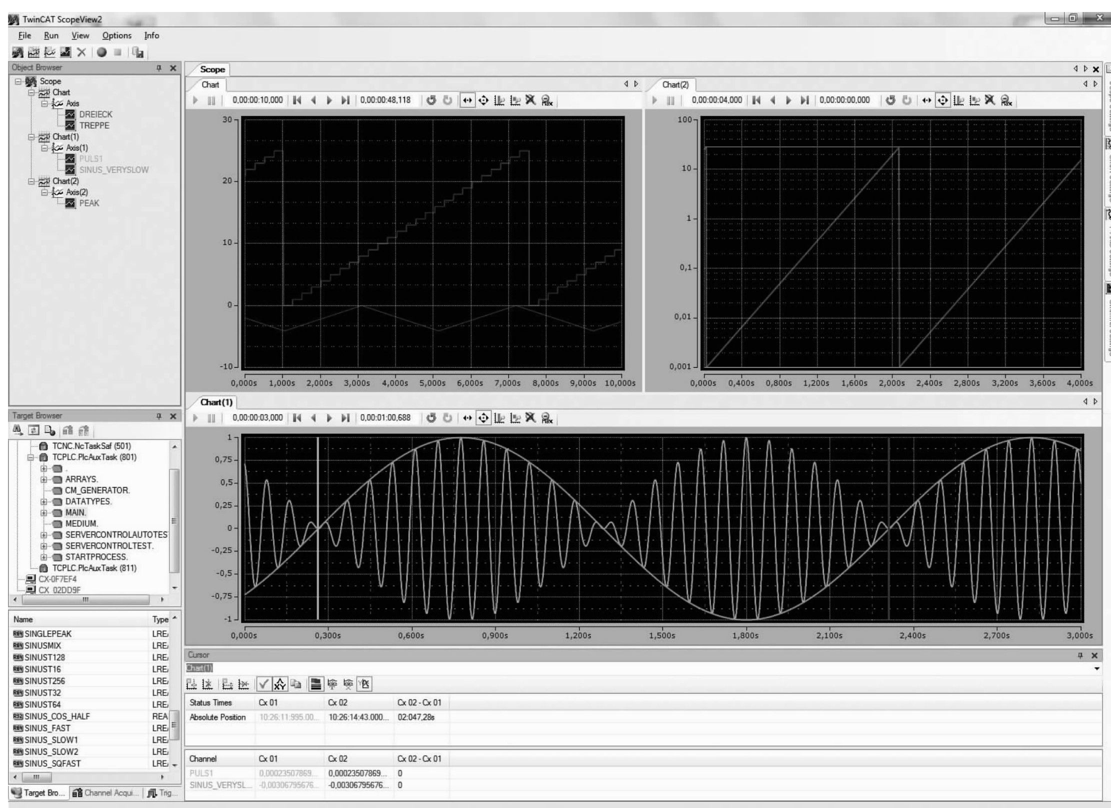


图 3　使用 TwinCAT Scope 显示对数信号分析

2. EtherCAT：高准确度测量技术

EtherCAT 作为一个高速、实时总线系统进一步完善了 Beckhoff 科技自动化解决方案。EtherCAT 不仅是成熟的控制现场总线，而且也是测量现场总线。只有这种基于以太网且具有高度稳定性的高速现场总线协议才能实现诸如状态监测集成等复杂应用。EtherCAT 功能原理决定了其有用数据传输率远远超过 90% 的全双工高速以太网，且总线周期时间仅为几微秒。连同前面提到的超采样功能及将数值直接缓存在 EtherCAT 从站中，采样率可远远超过实际的总线周期：例如，数字量输入端子模块 EL1262 能够以高达 1 百万采样点/s 的速度扫描信号。EtherCAT 端子模块 EL3702 能够以 16bit 的分辨率和高达 100 kHz 的频率采样 ±10 V模拟量信号。EtherCAT 从站中的分布式时钟能够确保整个网络中的数据采样在时间上保持同步。抖动被显著降低到小于 1μs，甚至常常会小于 100ns。

EL3632 也是一种 EtherCAT 超采样端子模块。该端子模块适合用于状态监测应用，在实际应用中，振动必须通过加速度传感器或传声器进行采样。带 IEPE（压电集成电路）接口的压电传感器可直接连接到双通道端子模块上，无需前置放大器。基于不同等级的硬件滤波，可以实现 0.05 ~50kHz 的信号采样频率。EL3632 的操作原理与 EL3773 的操作原理相同。EL3773 是一款电力监测端子模块，使用超采样技术采样原始电网数据，采样高达 10kHz，实时采集电网电压电流，通过 EtherCAT 分布时钟又可以满足采集的同步。实时监测各个节点相位、频率、幅值，对电网的波动做出快速调节。使用 TwinCAT3 的功能库，还能对电网 40 次以内的谐波、THD 等进行分析。

EL3773 是一款电力监测端子模块，用于采样原始电网数据，而不是原始振动数据。电流和电压采样高达 10 kHz，这使得端子模块适合与其他网络同步。

这款宽度仅为 12mm 的模块的主要优点在于它具有高度灵活性。EtherCAT 总线系统提供了几乎无限的可扩展性能。这就意味着实际的测量应用程序，例如齿轮箱监测，可以在新系统中实施或在现有系统中进行升级改造。由于控制器的结构非常紧凑，且 TwinCAT 软件接口具有良好的开放性，独立系统将成为主流。该类独立系统目前已在一些陆上风力发电机组中得到应用，用于在 CX5020 嵌入式控制器的基础上监测主轴承和齿轮箱。为此，用五个 EL3632 超采样端子模块和一个 EL3413 电力测量端子模块配备了一个终端控制柜。UMTS 调制解调器和紧凑型加热器可以作为附加选项集成。视可用的接口而定，状态监测系统也可集成到现有的控制器中。

3. 结束语

科技自动化将工程研究成果整合到风力发电机组的自动化系统中，这是传统控制器无法实现的。Beckhoff 的 PC 控制技术理念为集成大量的标准控制之外的高级功能预留了足够的空间。高性能 CPU、高速 I/O 端子模块、EtherCAT 通信和 TwinCAT 自动化软件为实现此目的提供了坚实的技术基础，同样这些高速双向通信网络、先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法，也是未来智能电网的必要技术因素。

FA37　风光柴储微电网解决方案

（CS30　上海电器科学研究所（集团）有限公司）

1. 概述

微电网是由分布式电源、储能系统、能量转换装置、监控和保护装置、负荷等汇集而成的小型发、配、用电系统，是一个具备自我控制和自我能量管理的自治系统，既可以与外部电网并网运行，也可以孤立运行。从微观看，微电网可以看作小型的电力系统；从宏观看，微电网可以认为是配电系统中的一个“虚拟”的电源或负荷。

在某商务楼宇中，选取了大楼中的部分负荷，结合风、光、柴等分布式电源，建设了一个小型交流微网。该微电网为联网型微网，可实现并网运行和孤岛运行。

2. 系统组成结构

结合大楼的配电情况、负荷的分布情况、微电网改造建设费用等方面，确定了该微电网方案，网络拓扑结构如图 1 所示。该微电网并网运行时，柴油发电机不起动，当微电网转孤岛运行时，首先由电池储能建立系统的电压和频率，同时检查电池的荷电状态，当荷电状态较低时，起动柴油发电机。

微电网具体构成情况如下：

1）交流母线：400V；

2）光伏发电：55kW；

3）风力发电：4kW ×2；

4）柴油发电机：200kW；

5）储能设备：磷酸铁锂电池 100kW/1h，储能 PCS100kW；铅酸电池 50kW/1h，储能

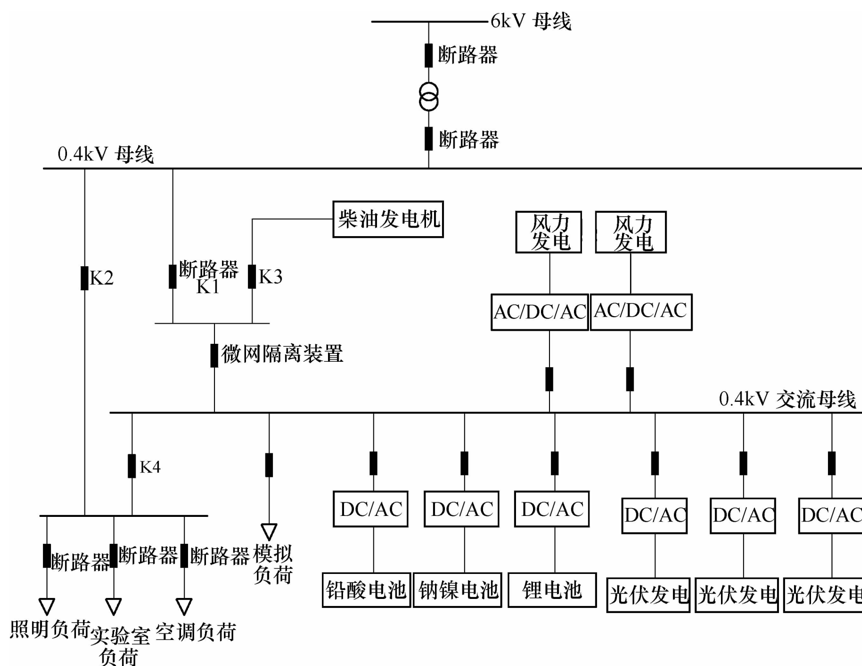


图 1　微电网系统网架拓扑图

PCS50kW；钠镍电池 50kW/2h，储能 PCS50kW；

6）负荷：照明负荷 36kW，空调负荷 54kW，实验室负荷 100kW，模拟负荷 20kW；

7）微电网隔离装置。

3. 系统的功能

1）微电网并网运行优化协调控制功能：并网经济运行功能。

2）微电网并离网切换控制功能：能够并离网运行及平滑切换，保证重要负荷供电。

3）微电网孤岛运行稳定控制功能：孤岛运行时能保证母线电压、频率稳定。

4）微电网孤岛转停运控制功能：微网内的微源能逐个退出运行，并在保证功率平衡的情况下逐一切除负荷。

5）微电网停运转孤岛运行（即黑起动）控制功能：具备黑起动功能。

4. 微电网控制及运行技术方案

（1）并/离网运行方案

并网型微电网整体解决方案分别从微电网集中层、分布式电源和负荷就地控制层两个层面进行综合管理和控制。集中控制层配置中央控制 MGCC、就地控制层配置微电源控制器 MC 和负荷控制器 LC、并网静态开关处设置模式控制器。

微电网集中控制层集中管理分布式电源和各类负荷，在微电网并网运行时实现微电网的最优经济运行，在离网运行时协调分布式电源出力和负荷投切实现微电网的安全稳定运行，主要功能包括离网能量平衡控制、储能 PCS 紧急调频调压控制、多分布式电源出力协调控制等。

就地控制层负责执行微电网各 DG 调节、储能充放电控制和负荷控制。由就地保护设备

和就地控制器组成，完成分布式发电对频率和电压的一次调节，就地完成微电网的故障快速保护。

（2）并离网无缝切换方案

1）离网转并网

微电网由孤岛切换到并网时的冲击电流大小主要由微电网与公共配电网之间电压偏差和相角偏差综合决定，与频率差关系较小。采用直接调整主电源 V/F 控制的参考电压和参考频率的方式进行预同步控制，将电压和相角调到与公共配电网基本一致，减小并网合闸时的冲击。

并网完成后，立即将复合储能由 V/F 控制模式切换到充电模式，超级电容器和蓄电池转入充电状态，然后恢复对次要负荷的供电。

2）并网转离网

a）计划内孤岛：

①微网并网运行时，当接收到孤岛运行调度指令后，储能系统增加功率输出，以减小外网输出功率至较低值，防止微电网运行模式切换后系统出现较大的功率缺额。

②微电网综合监控系统通过微电网模式控制器向储能系统主控制器下发 PCS 控制模式从 PQ 控制切换为 V/f 控制指令。

③微电网模式控制器接收到储能系统主控制器返回的 PCS 控制模式完成切换的状态信号后，立即下发并网静态开关关断指令，从而实现微电网运行模式无缝切换。

b）计划外孤岛：将采用蓄电池和超级电容的混合储能方案，利用快速孤岛检测技术进行孤岛切换判断，切换时出现的功率缺额通过超级电容迅速响应来填补，而孤岛平稳运行时的主电源则可由蓄电池来承担。为了确保切换的平滑过渡，所配置的超级电容器容量须满足微电网中所有负荷的功率要求，蓄电池需要配置的容量额度只需满足重要负荷供电即可。

（3）黑起动方案

1）切除微电网系统负荷。为避免在黑起动初期，微电源因负荷过大而出现故障停机，应首先切除系统内所有用电设备，保证黑起动微电源在空载状态下起动。

2）选择容量较大的锂电池 PCS 系统作为黑起动电源，采用 VF 控制模式建立系统的电压和频率。

3）起动非黑起动微电源（有调频调压能力）。由于黑起动初期系统薄弱，容量较小，任何一个扰动都可能导致系统频率或电压的再次失稳，因此应优先起动系统内具有调频调压能力的非黑起动微电源，最大限度扩大系统发电容量。

4）接入部分负荷。当前系统发电容量、电力系统功率平衡约束，以及潮流约束，投入微电网系统部分负荷。

5）起动非黑起动微电源（无调频调压能力）。评估当前微电网系统对这类电源容量的接纳能力后，发出起动指令。

6）增加微电网系统负荷，完成黑起动。

（4）微电网保护系统方案

微电网的保护主要分为微电网系统级保护、内部支路级保护和设备级保护三个层次。设置微电网并网点保护，微电网区域母线、变压器、馈线保护，分布式发电单元保护和负荷保护。

并网点保护设置过电压、欠电压、过频、欠频、过负荷、短路等基本保护。馈线开关采

用三段式电流保护，并网和孤岛运行状态各设定一组整定值。母线采用母差保护和欠电压保护、变压器采用差动保护、过电流速断和非电量保护。分布式电源本体保护由分布式电源逆变器或控制器完成，微电网负荷保护由负荷控制器完成，配备过电压、欠电压、过频、欠频、过负荷、短路等基本保护。

（5）通信系统方案

微电网解决方案采用开放式分层分布结构，包含就地控制层、集中控制层。就地控制层各设备以 Modus 总线形式进行通信。就地控制层通过通信网关转为以太网通信方式后接入以太网交换机，再通过以太网交换机与集中控制层的微电网中央控制器，微电网监控工作站等进行通信。通信系统的架构如图 2 所示。

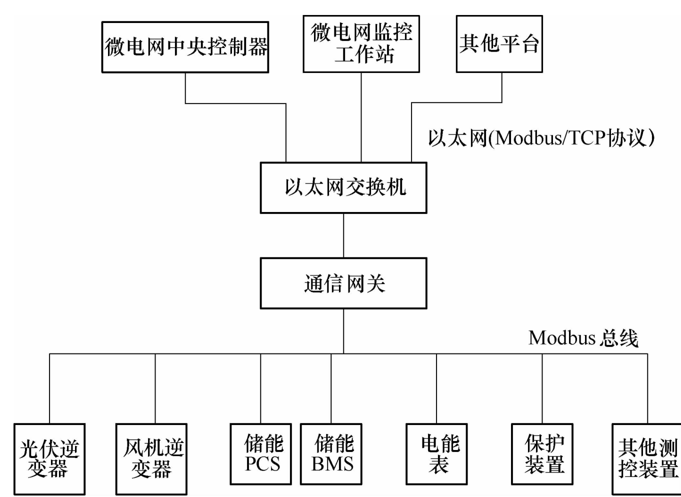


图 2　微电网通信系统架构

（6）运行优化与能量管理系统解决方案

在本方案中，微电网管理平台由上电科自行搭建，其基本功能如图 3 所示。

经济运行优化时，本方案主要考虑并网时微电网的经济调度，孤网时首先要保证微电网稳定运行和重要负荷供电，暂不考虑其运行的经济性。

调度基本原则如下：

1）优先利用风机 WT 和光伏 PV 的出力，进行最大功率跟踪控制。

2）当 WT、PV 输出功率无法满足微电网电负荷需求时，进行发电成本的考虑，若微电源的发电成本高于购电电价，则微电源不发电，微电网从外网购电。当微电源发电成本低于购电电价时，则令蓄电池储能装置放电，同时监测蓄电池的荷电状态。

3）若蓄电池在额定功率内可满足微电网负荷需求，则考虑增加蓄电池输出功率，从而向外网售电；若蓄电池满发后仍存在电力缺额，则从外网购电。

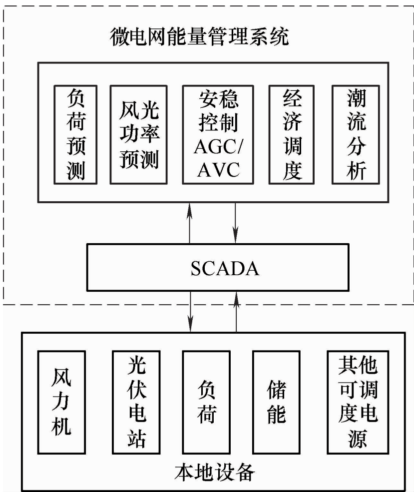


图 3　微电网能量管理系统基本功能

4）若 WT、PV 输出功率大于微电网电负荷需求时，则将此时微电源的发电成本与售电电价进行比较，若发电成本低于售电电价，则向外网售电，否则判断蓄电池荷电状态，当荷电状态较低时，向电池充电，若荷电状态较高，则调小风力机、光伏输出功率、甚至切除部分 WT、PV。

（7）微电网电能质量解决方案

本方案对微电网关键部分，如并网点、重要负荷接入点、分布式电源接入点部分加装静止无功补偿器 SVC、有源电力滤波器 APF 来提高微电网的电压波动和谐波问题。

5. 结束语

设计的微电网系统微电源种类齐全、配备先进的电池储能系统，具有功能多样、技术领先、灵活组网、用户定制电力质量的特点，可为楼宇、办公写字楼等用户提供高可靠多样化的电力供应，是未来微电网发展的一个方向，具有重要意义。

（作者：上海电器科学研究所（集团）有限公司　瞿超杰　陈国璋　杨心丽）

FA38　GE 分布式能源解决方案

（CS03　通用电气（中国）研究开发中心有限公司）

1. 概述

众所周知，世界正面临日益严峻的能源和环境污染挑战。分布式能作为一种优化的新能源利用方式，具有能源利用率高、低污染、低排放、分布灵活等优点，受到各国政府的高度重视。

作为世界上主要的分布式能源产品及解决方案供应商之一，GE 提供从燃气发电设备、控制系统、保护系统到监控系统等完整的解决方案。

本文将全面地介绍 GE 的分布式能源解决方案及成功案例。

2. GE 分布式能源发电设备产品系列

分布式能源系统具有贴近用户端，能源利用最大化的优点。可孤岛运行，也可并网运行，具有很高的灵活性。一般以气体燃料为主，并可结合再生能源，为用户提供热电冷联产的多级能源。作为动力及能源转换设备的发电机组是分布式能源系统的核心组件，技术含量较高。

GE 作为世界上主要的分布式能源发电设备供应商之一，提供包括航改型燃气涡轮发电机组和燃气内燃发电机组在内的不同产品系列，单机功率从 165 千瓦到 106 兆瓦不等。

GE 分布式能源发电设备产品（见图 1）中列出了 GE 发电设备主要产品及功率覆盖范围。

（1）航改型燃气涡轮发电机组

GE 的航改型燃气涡轮发电机组采用成熟的航空发动机核心技术，具有高可靠性、工作稳定、维护方便等突出优点。单机功率覆盖从 18MW 到 106MW 的范围。

航改机体积小、重量轻、功率大、应用灵活，特别适用于分布式能源系统。使用航改型燃机的分布式发电系统占地面积较小，可分梯级最大限度利用能源，能源综合利用率超过 80%（冷热电联产）。当前中国已在建及准备建设的 100 多个分布式能源项目中，超过一半

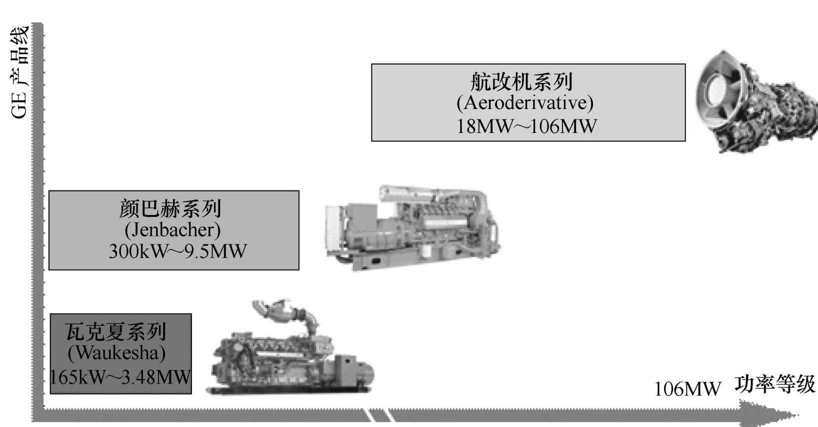


图 1　GE 分布式能源发电设备产品系列

以上是航改机。

GE 与中国本地企业成立了合资公司，专注于推进航改型燃气机组在中国市场的推广和应用。图 2 所示为 GE 航改机产品线功率等级分布图。

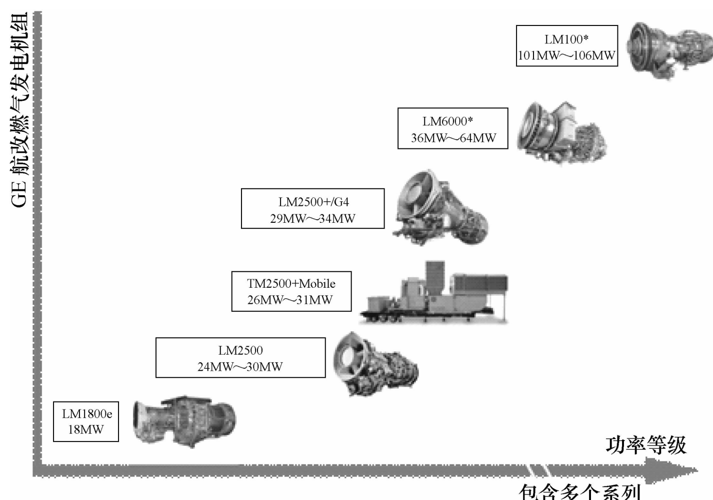


图 2　GE 航改型燃气发电机组产品系列

（2）GE 燃气内燃发电机组

航改型燃气发电机组单机输出功率一般在兆瓦级。针对功率需求更小的分布式能源系统，或需要小功率发电机组配合大功率燃气涡轮机组的使用场合，GE 提供单机功率在 165kW 到 9.5MW 的燃气内燃机发电机组，包括瓦克夏®（Waukesha®）和颜巴赫®（Jenbacher®）产品系列。在图 3 和图 4 中分别列出了这两个产品系列的功率分布范围。

相较于航改型燃气发电机组，颜巴赫®和瓦克夏®具有单机功率较小，发电效率高，运输方便，组合灵活等优点。其中颜巴赫®机组采用稀薄燃烧技术，功率等级从 300kW 到 9.5MW 不等，能提供极高的发电效率，具有非常好的经济性。同为燃气内燃机的瓦克夏®机组兼顾了发电经济性与机组动态响应能力。其具有与柴油机类似的抗负荷突变能力，特别

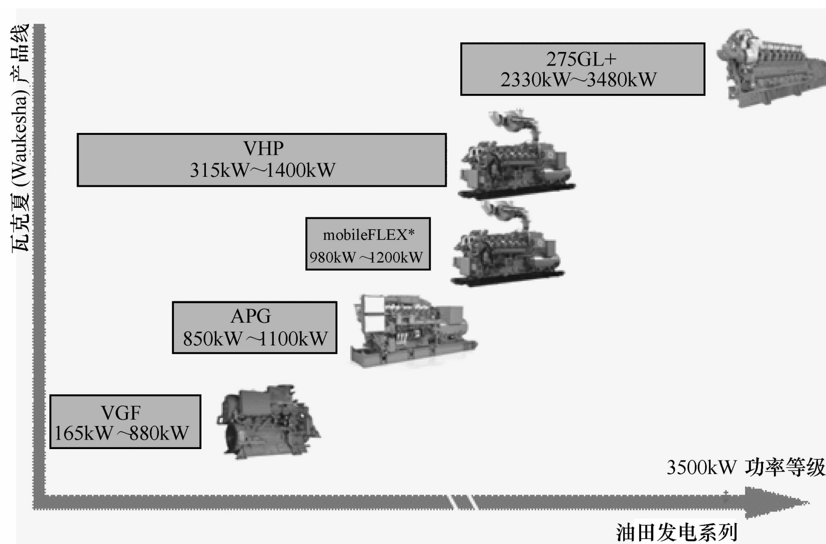


图 3　瓦克夏®（Waukesha®）发电机组产品系列

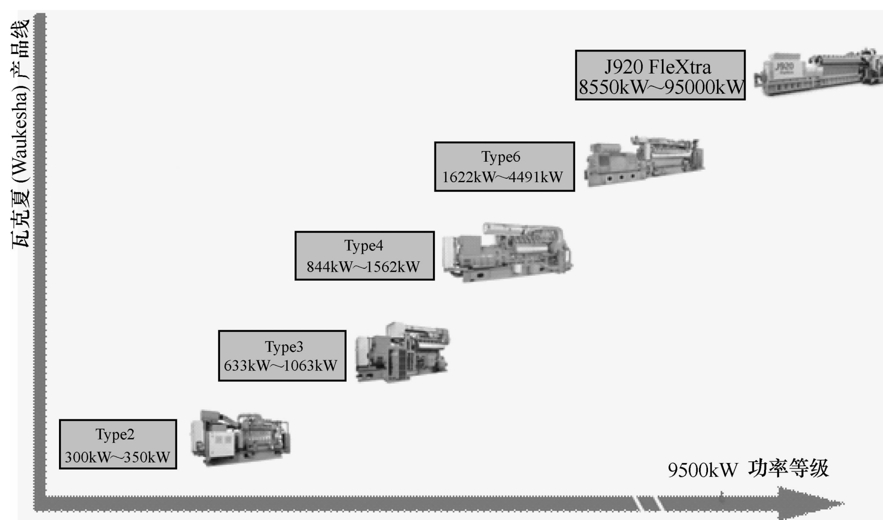


图 4　颜巴赫®（Jenbacher®）发电机组系列

适用于孤网运行且负荷波动范围较大的应用场合，如油田钻井等。

两种内燃发电机组均有非常广泛的燃料适应能力。可直接使用简单处理过的生物沼气、高炉煤气、油田伴生气、液化/压缩天然气等各种燃料，从而极大地扩展了其应用场合。

3. GE 控制平台

除提供燃气发电机组外，GE 也提供与之配套的控制平台。针对分布式能源应用领域，GE 的控制平台主要包括 MarkVIe 系列、GE 智能平台、新华 DCS 系统及 GE 数字能源电力保护与控制平台。多个控制平台为分布式能源系统提供了从底层设备控制到上层人机界面等各个不同层面的全方位覆盖，如图 5 所示。

（1）MarkVIe 控制平台

MarkVIe 控制系统广泛适用于燃气轮机发电机组，风力发电，火力/水力发电及核能发电设备。其具有高速、单、双、三重冗余的网络化 I/O 等特点。I/O、控制器，以及到操作员、维护站和第三方监控系统的接口，均使用了工业标准以太网通信技术。Mark VIe 控制系统和相关系统使用了通用的 ControlST 软件，用于编程、配置、趋势图及分析诊断。

MarkVIe（见图 6）综合控制系统可从传统的机组控制系统扩展至整座工厂的控制系统，向客户提供先进的性能、可操作性及可用性。

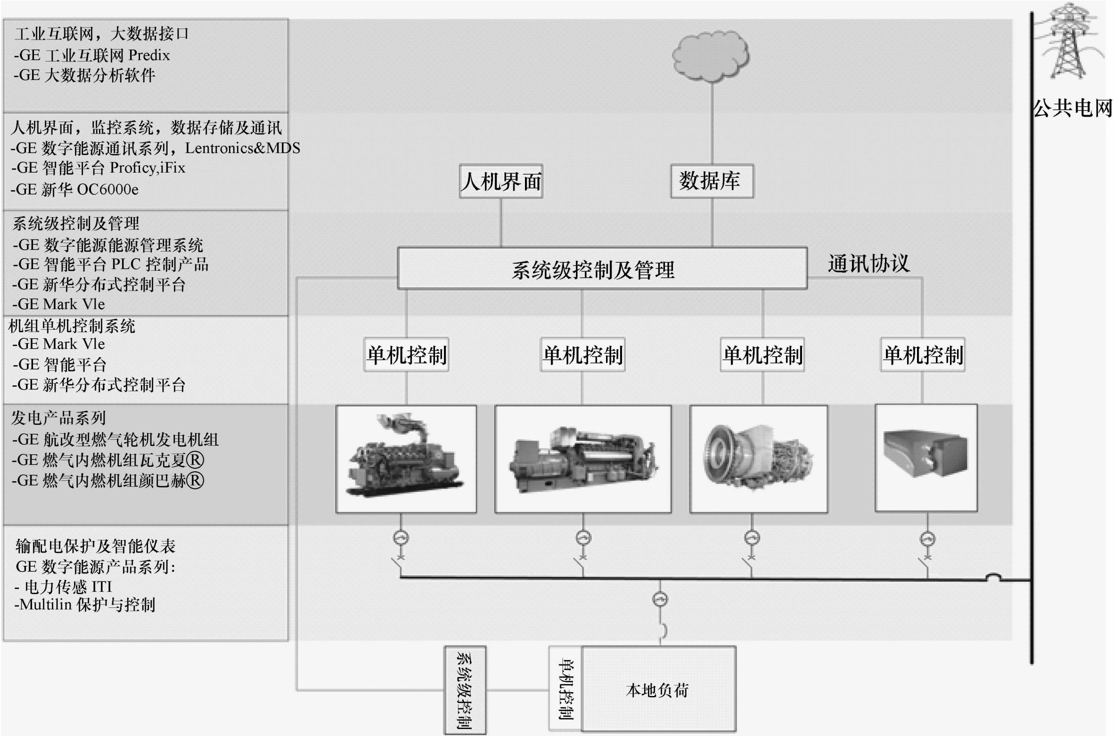


图 5　分布式能源系统控制架构图

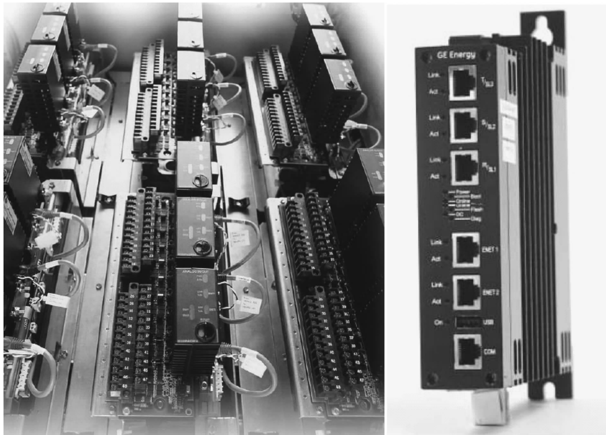


图 6　Mark VIe 控制平台

（2）GE 智能平台控制系统

GE 智能平台（见图 7）可提供多样化的分布式能源系统自动化控制软件、控制及通信解决方案。帮助用户降低成本，提高效率。其主要产品包括如下三个方面：

1）工业软件：主要包括运营管理软件及 HMI/SCADA。Proficy/iFIX 可提供工程可视化，数据采集及数据监控等自动化解决方案。

2）控制及通信系统：可编程序控制器 PLC。运动控制、操作员界面、过程解决方案等。具有多样化的控制器，I/O 和编程工具可供选择。支持多平台及第三方接口。

3）军工及航空航天嵌入式系列：单板计算机、系统机箱、多处理器产品、传感器和信号处理产品等这些产品能够满足在石油天然气等机关工业环境的需求。

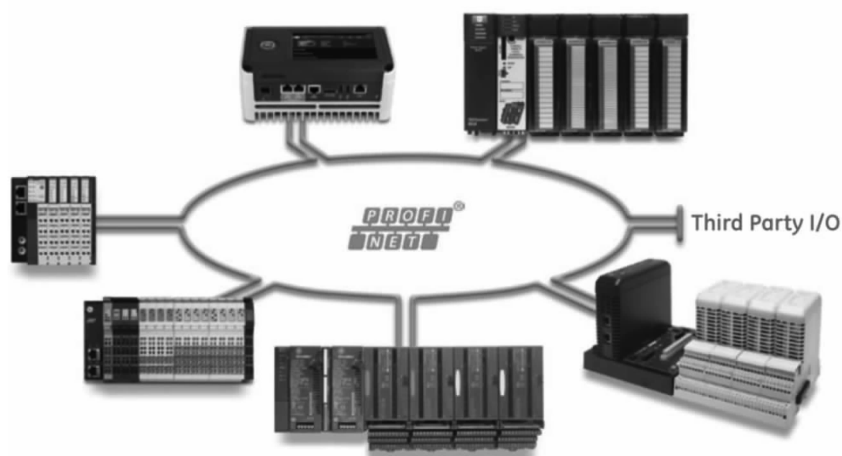


图 7　GE 智能平台控制系统

（3）GE 数字能源电力管理及控制平台

GE 数字能源提供全方位的电力/能源管理系统，保护与控制系统及传感测量设备，能为分布式能源系统提供可靠的继电保护、电能计量、网络通信，以及设备监控等功能。产品系列如图 8 所示。



图 8　Multilin 电力管理及保护系统

主要产品系列：

1）保护与控制 Multilin-提供多功能数字式和机电式保护与控制继电器，并配备 EnerVista 管理软件。

2）Lentronics 多路复用器-提供适用于电力系统环境要求的 SONET 和 SDH 多路复用器、相关接口及 VisaNET 管理软件。

3）电力传感设备。

4）EPM/PQM 仪表-提供全系列数字式仪表，完成电力测量、单独用户电能测量以及电量分析。

（4）新华分布式控制系统

新华 DCS 可广泛应用于工业领域的各种过程控制应用，包括热力发电厂锅炉控制及保护、汽轮机控制及保护、电站辅机控制应用等。该系统由三个主要部分组成：控制器、I/O 网络以及 I/O 模块。控制器是一台运行过程控制应用软件的整体化工业计算机。控制器通过内置的智能 I/O 总线接口与 I/O 模块进行双向实时通信。控制器内装载 QNX® Neutrino®实时多任务操作系统，以实现高速、高可靠性的工业过程应用。控制器内装载着针对特定应用的控制软件，包括用于锅炉控制、锅炉保护、蒸汽轮机控制、电站辅机控制及其他设备的逻辑控制。

4. GE 分布式能源系统设计方法

得益于先进的设计方法和设计理念，GE 能快速给出针对客户需求的系统设计和详细方案。建模与仿真、基于模型的控制系统设计的大规模采用，有效地降低了方案设计的风险，并能极大的加快系统设计、实施周期。

（1）建模与仿真

建模与仿真是 GE 分布式能源方案设计的基本手段。针对客户的需求，可快速搭建高保真度的建模与仿真系统，模拟系统运行的稳态/动态性能，从而指导分布式能源系统的方案设计和控制系统设计。

基于模型的虚拟设计可以在方案设计初期快速评估方案性能，发现不足并快速加以弥补。针对不同的设计阶段和设计需求，GE 使用不同精度、不同类型的模型。例如在工艺设计初期，往往仅需要能反应系统稳态特性的模型以验证系统解决方案的可行性，这些模型可以是基于物理定律的，也可以从产品台架测试数据辨识得出。而在控制系统设计阶段，则需要能反应系统动态响应特性的瞬态模型，从而设计及验证控制逻辑和控制算法。

GE 在其分布式能源解决方案的设计中大规模使用建模与仿真。具有非常完善的部件级模型库，可快速搭建针对不同应用场合的各类仿真平台（见图 9）。实践表明，建模仿真的应用极大地提高了产品开发的效率，并显著降低开发过程中的各类风险。

（2）基于模型的控制系统设计

基于模型的控制系统设计方法植根于先进的建模仿真技术，可完成从客户原始需求到最终控制器可执行代码之间整个过程的自动化、智能化。

图 10 所示是典型的基于模型的设计流程。其中自动控制器代码生成功能是关键。GE 所有的控制系统平台皆在不同程度上支持基于模型的设计方法，并给用户提供相应的工具链。

大规模的使用基于模型的设计方法，使 GE 有能力在非常短的周期内开发出性能稳定可靠的分布式能源解决方案。

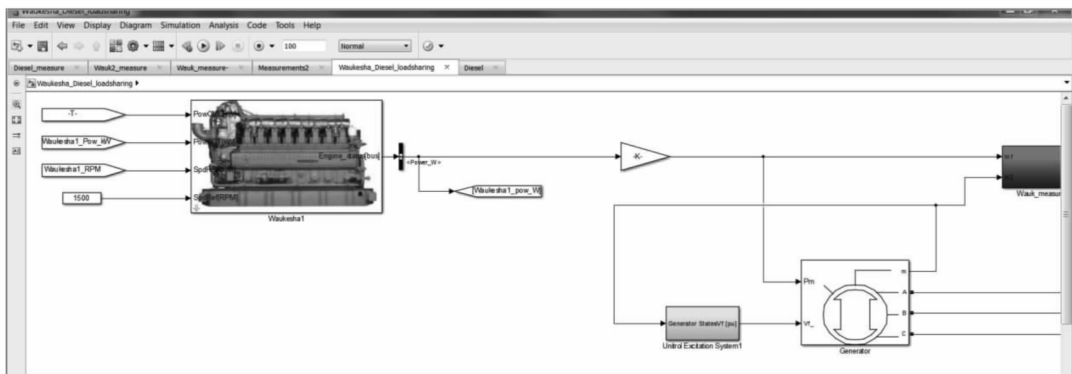


图 9　典型仿真系统

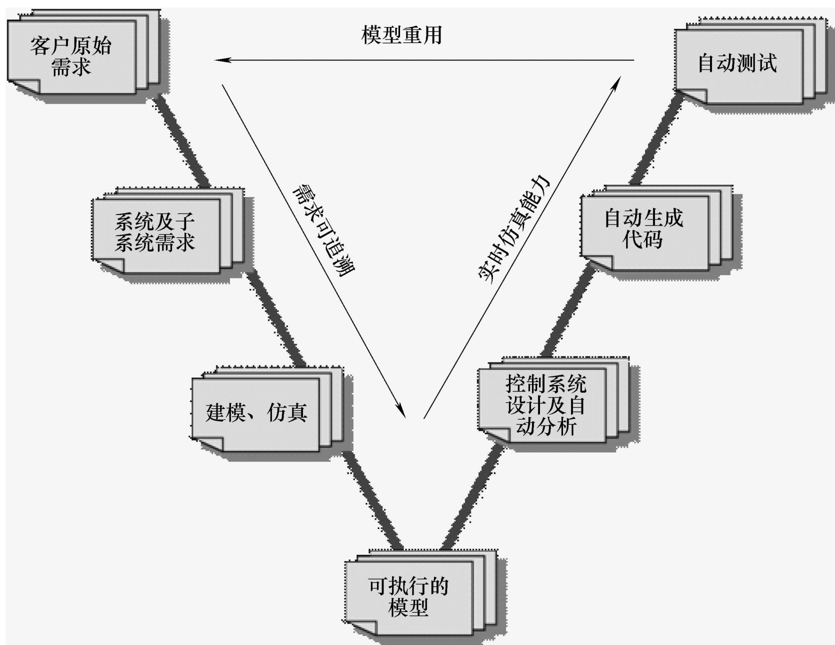


图 10　基于模型的设计方法

5. GE 分布式能源解决方案应用案例

针对分布式能源系统，GE 在全球范围内有各种不同方案的成功应用案例。包括离网孤岛运行的油田钻井系统、商业冷热电联产、快速移动电站、应急电站、可替代能源系统（生物燃料、高炉废气）等，如图 11 所示。本节将摘取几个典型案例加以分析。

（1）颜巴赫分布式能源应用案例（见图 12）

1）印尼商业中心冷热电三联供项目（见图 13）：9 台颜巴赫 J620 天然气发动机 2009 年 7 月在印度尼西亚首都雅加达的商务中心投入使用，总发电量 24. 58MW，是目前世界上最大的三联供项目（见图 12）。

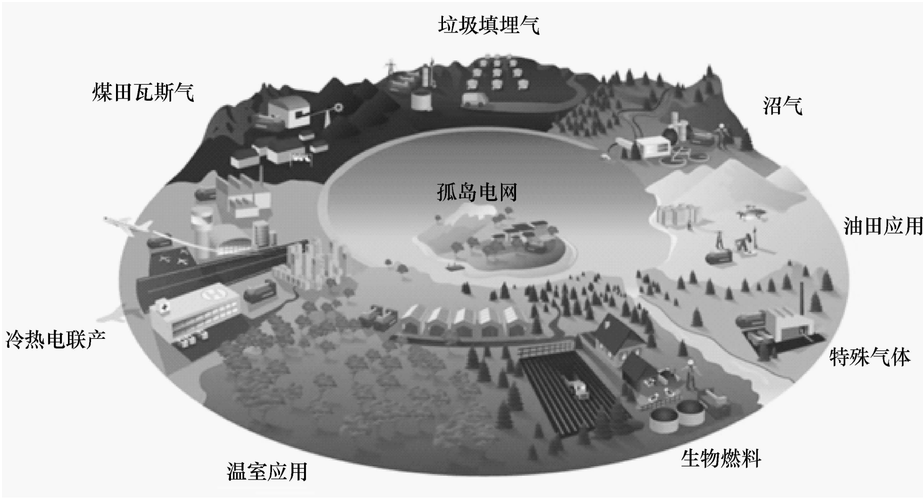


图 11　GE 分布式能源应用案例

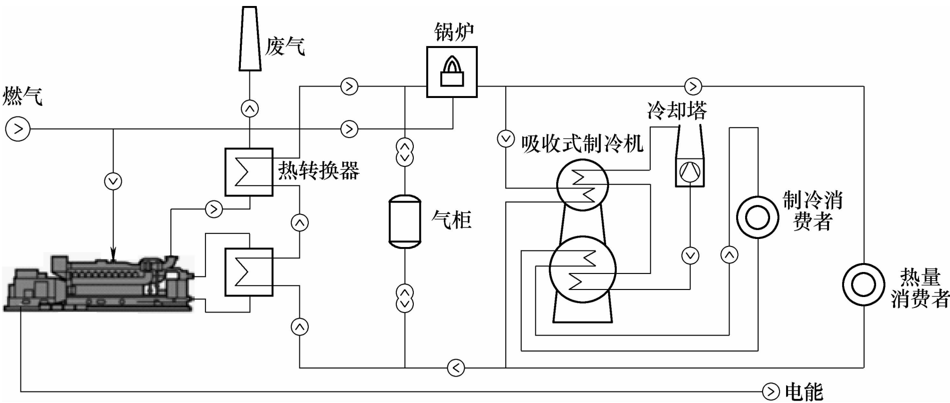


图 12　颜巴赫®冷热电联产系统结构示意图



图 13　印尼商业中心分布式能源案例

2）颜巴赫东江环保应用案例：深圳东江环保实用12台GE颜巴赫燃气内燃机组（JGS320-装机容量12MW），利用深圳市生活垃圾填埋后产生的沼气，每年可发电9300万kW·h，可供8万户普通居民用电。

3）颜巴赫北京德青源养鸡场-生物质气发电（见图14）：2009年投入运行的北京德青源养鸡场采用两台颜巴赫JMS320GS-BL燃气内燃机组，利用鸡粪产生的甲烷气体发电，以供应整个养鸡场用电。每年发电量超过1460万kW·h，可减排95kt二氧化碳（http://www.ge.com/cn/energy/solutions/s6.html）。



图14　北京德青源养鸡场案例

（2）航改型燃机分布式能源应用案例

1）河南利源焦化：利用两台GE LM2500+航改型燃气轮机发电机组，河南利源焦化能100%利用炼焦过程中产生的焦炉煤气，进行发电及供热（http://www.ge.com/cn/energy/solutions/s1.html）。

2）硅谷联合循环应用：两台采用Sprint技术的LM6000 PC，总装机容量150MW，为周边大量的服务中心提供必要的电力需求（见图15）。



图15　硅谷联合循环应用案例

（3）瓦克夏®油田钻井应用案例

Patterson-UTI钻井公司使用3台GE提供台瓦克夏® L7044GSIs为其位于美国Harrison Country的钻井平台供电（见图16）。与传统的柴油发电机组相比，降低了50%以上的运行费用。

6. 结束语

GE通过多元化的产品及服务，致力于为客户提供最有竞争力的分布式能源解决方案。根据客户的具体需求，GE可快速定制相应的解决方案。其分布式能源系统在全球范围内有



图 16　瓦克夏®油田钻井应用案例

着非常广泛的应用和大量的成功案例。

（作者：通用电气（中国）研究开发中心有限公司　孙丰诚　付旭　康鹏举）

2.9　电动汽车充电系统

FA39　电动汽车智能充换电服务运营管理系统
（CS50　厦门亿力吉奥信息科技有限公司）

1. 概述

建设跨区域电动汽车智能充换电服务网络运营管理系统，需要研究跨区域电动汽车智能充换电服务网络运营管理模式、计费模型及清分结算模型，开发电动汽车运营管理系统，完成运营管理系统与站控系统、离散充电桩、车载 EVT 等接入及联调实施，实现与 95598 网站等的业务应用集成。

建设跨区域电动汽车智能充换电服务网络运营管理系统，涵盖客户服务管理、计量计费、收费账务、清分结算、资产管理、配送管理、检修管理、集中监测、综合统计分析等功能模块。满足电动汽车智能充换电服务网络运营业务。实现充换电服务网络运营的智能化管理，为电动汽车智能充换电服务提供信息化支撑，保障充换电服务网络运行高效、可靠、安全，为电动汽车提供智能、方便快捷的充换电服务。

2. 系统方案

（1）系统架构设计

1）业务架构设计

业务分析：电动汽车智能充换电服务网络的基本运营业务包括客户服务管理、计量计费、收费账务、清分结算、资产管理、配送管理、检修管理、集中监测、综合统计分析等。这些业务从管理职能上覆盖省、地市、站三个业务应用层。每个业务应用层主要管理职能如下：

①省级运营管理负责对本省电动汽车智能充换电服务网络运营进行监控和管理，汇集所

辖区域的结算信息、运行信息以及客户信息等，并对这些信息提供海量存储，在深度分析的基础上，负责区域内全局性业务的决策和调度。向总部提交包括跨区域清分结算数据、运营状况和资产状况等在内的宏观统计信息。

②地市级管理负责对本地市电动汽车智能充换电服务网络运营进行监控和管理，在深度分析的基础上，负责区域内全局性业务的决策和调度。并向省级提交运营状况、资产状况等统计信息。

③站级管理位于地市级管理之下，负责充换电站、电池配送站等站级单位的本地化客户服务管理、资产管理、计量计费、收费账务及检修管理等。

运营管理系统业务架构如图 1 所示。



图 1　运营管理系统业务架构

从图 1 中可以看出运营管理系统的业务构成。以下是各业务模块的描述：

a）客户服务管理：为用户提供开户、变更、销户等业务。通过 95598 呼叫中心或营业厅等服务渠道受理客户的咨询、投诉/举报、故障报修及查询等服务请求，并进行相应处理及回访。

b）计量计费：根据国家相关部门、公司发布的计费政策标准，结合本省实际情况，制定适合本省的计费模型，并对用户充换电进行计量，同时按照充换电计费模型计算充换电业务费用。

c）收费账务：收费账务业务包括智能电卡管理、缴费管理、账务管理三部分。智能电卡管理主要包括售卡、充值、冲正、挂失、解挂、补卡、换卡、退卡、解锁、更改口令、黑名单管理等业务；缴费管理是对电动汽车业务中涉及缴费的业务进行管理，包括缴费充值、用户鉴权、费用结转和退费等；账务管理主要完成对账业务。

d）清分结算：对交易数据进行验证、分类，最终将交易清分到交易地，为最终的对账、清算提供依据。

e）资产管理：对电动汽车智能充换电服务网络中的公司资产进行管理。包括验收管

理、资产建档、库房管理、报废管理、丢失管理、设备返厂、台账查询和投运管理等业务。

f）配送管理：省级运营公司根据全省电池等资产的分布状况提出内部配送申请，或者各站根据资产使用情况、使用计划提出内部配送申请，由省级配送管理部门统一配送；针对客户充换电订单进行客户配送。

g）检修管理：检修管理主要实现对电池、充换电设备、其他设施的运行状态进行巡视、检测和异动管理，及时消除设备存在的各种缺陷和故障，确保设备安全、稳定、经济运行。

h）集中监测：对整个充换电服务网络进行集中监测。包括通过对充换电站、充电桩、车辆、电池配送站业务、运营过程和安防监控等信息的实时监测，以及对电池的实时信息进行监测。

i）综合统计分析：对运营公司所辖区域内的业务运营状况、资产状况及设备运行情况进行统计分析，为制定相关决策和调度提供依据。包括报表模板维护、报表统计、报表查询等业务应用。

2）技术架构设计

基于 SOA 的架构体系，面向服务的设计可采用 WebService 技术和规范来实现 SOA 架构的应用接口。

按照运营管理业务应用系统的应用架构和数据架构的设计，运营管理业务应用采用满足技术先进性与成熟性相结合的基于 J2EE 的多层技术构架，以提高系统的灵活性、可扩展性、安全性以及并发处理能力。

采用多层架构的运营管理系统采用组件技术将界面控制、业务逻辑和数据映射分离，实现系统内部的松耦合，以灵活、快速地响应业务变化对系统的需求。系统技术架构如图 2 所示。

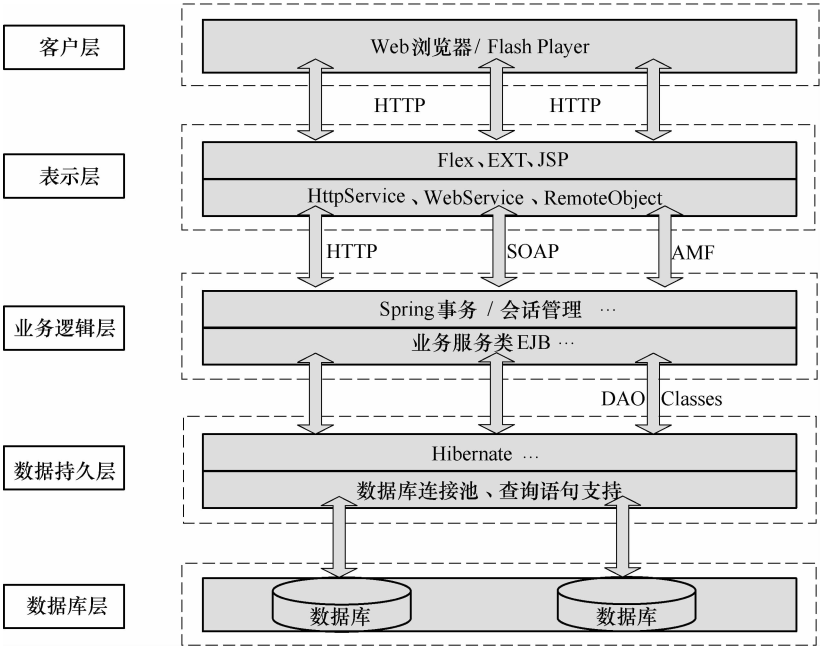


图 2　多层分布式体系技术架构

a）面向服务的业务组件设计：在运营管理系统标准化设计中，运营管理业务的各项具体功能应用分为界面控制组件、业务逻辑组件进行了业务逻辑封装，所有的业务应用功能按照业务耦合程度被分解为基本的处理单元，通过组件的组合、装配适应运营管理业务的动态变化和业务伸缩需要。

具体的业务组件可采用 Web 服务的方式为其他应用提供标准的服务接口，其他应用系统可以通过标准的服务获得相关的组件服务信息，包括服务调用信息、数据规约等，并根据具体需要通过 Web 服务实现相应功能，并整合到其应用中。

b）基于 J2EE 的技术实现：按照运营管理系统的应用架构和数据架构的设计，运营管理业务应用采用满足技术先进性与成熟性相结合的基于 J2EE 的多层技术构架，以提高系统的灵活性、可扩展性、安全性以及并发处理能力。

采用多层架构的运营管理业务、应用技术支持系统、采用组件技术将界面控制、业务逻辑和数据映射分离，实现系统内部的松耦合，以灵活、快速地响应业务变化对系统的需求。系统层次结构总体上划分为客户层、接入表示层、业务逻辑层、数据层（包含数据映射层和数据源）和基础架构平台，通过各层次系统组件间服务的承载关系，实现系统功能。

①客户层：用于访问应用系统和处理人机交互的客户端，包括浏览器、桌面应用程序、无线应用等。

②界面控制层：可进一步细分为接入服务层和页面展现层。

ⓐ接入服务层：支持企业内部网络、电话、短信和传真等多样化的接入模式，提供统一的认证和授权、服务调度、接入监控等服务，同时实现交互界面的关联和控制。

ⓑ页面展现层：在 J2EE 技术体系，可采用 MVC 应用框架，由界面控制器组件、界面操作组件、页面组件和服务代理单元组成。

③业务逻辑层：用于部署业务逻辑组件,可细分为业务处理逻辑组件和基础应用支撑组件。

ⓐ业务处理逻辑：具体的业务逻辑实现，总体上包括清分结算、资产管理、95598 业务处理、计量计费、集中监测、客户资料档案管理等业务处理逻辑。

ⓑ系统应用支撑：为各个组件提供统一共享的公共服务和平台支撑，包括工作流管理、组织人员、权限服务、参数管理、服务监控、安全认证、消息服务和日志服务等，提高系统的灵活性与可扩展性，此外还提供统一的集成服务与系统管理对应。

④数据层：数据层由数据映射层和数据源构成，数据映射层完成对数据源的访问封装，并使得业务逻辑层的设计和实现更集中于系统本身的功能。同时，数据映射层的存在屏蔽了业务逻辑层对底层数据存储形式的依赖，使应用系统能够适应多种类型的数据库。数据源主要包括数据库、内存数据、消息队列、磁盘文件等。

3）物理架构设计

系统物理架构部署如图 3 所示。

（2）系统安全防护设计

1）防护目标

①防止由于运营管理系统崩溃或人为破坏影响正常充换电业务，确保业务系统正常、连续运行；

②抵御内部和外部人员通过网络对运营管理系统、充电桩监控系统、充电桩发起的攻击和破坏；

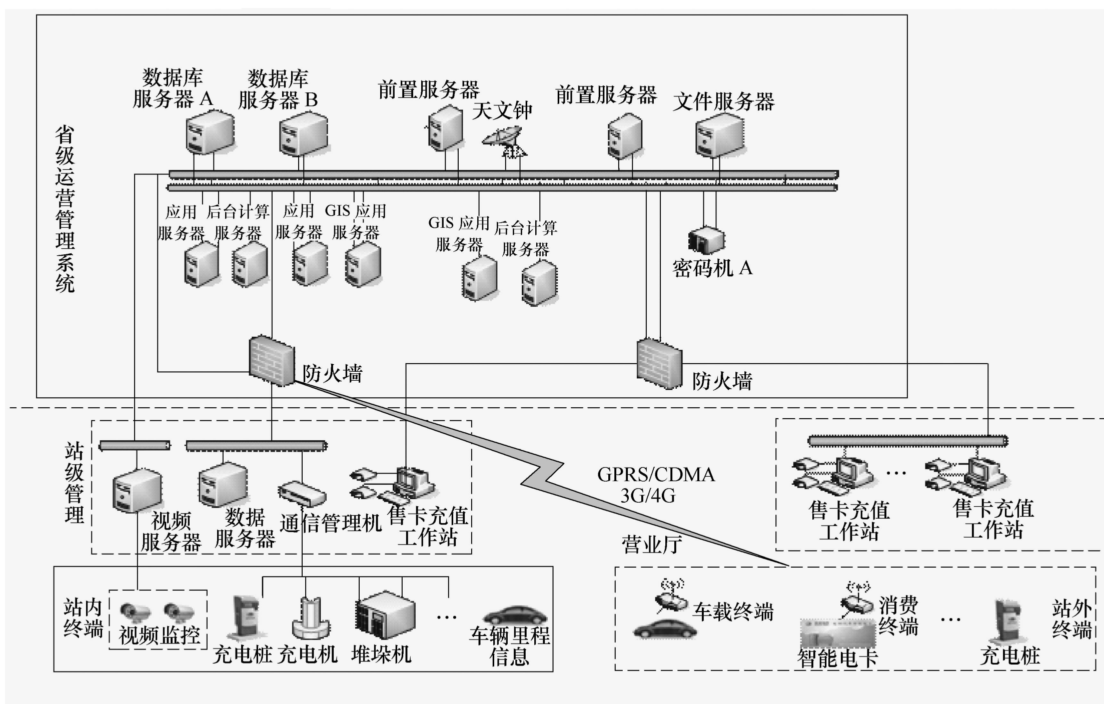


图3　物理架构部署

③防止非授权人员对系统的非法操作和破坏，确保操作的合法性；

④防止计算机病毒的感染和侵袭系统；

⑤防止非授权人员对系统的配置、数据库结构、数据库文件和数据的修改和破坏；

⑥保证监测数据的生成、存储、传输和使用过程的安全。

2）总体描述

运营管理系统信息安全防护参照信息系统安全等级保护第三级标准，同时根据《电力二次系统安全防护总体方案》和《国家电网公司 SG186 工程安全防护总体方案》要求，依据“分区分域、安全接入、动态感知、精益管理、全面防护”的安全策略，进行安全防护设计。

总体防护框架如图 4 所示。

（3）通信总体方案

电动汽车运营管理系统通信建设以满足今后电动汽车运营信息交互可靠性、安全性、实时性为目的，以智能化、网络化、互动化需求为今后扩展应用的远期发展目标，建设高速、双向、实时、集成的，便于管理、具有良好扩展性的电动汽车充换电服务网络通信系统为总体目标。

因此电动汽车通信系统的整体架构，应满足电动汽车城际互联网络的各项功能，以及实现电动汽车服务在城市区域和省际城际的无缝提供需求。

通过对电动汽车省内城市区域和省际城市业务数据流向的分析，要实现电动汽车服务在城市区域和省际城际的无缝提供，电动汽车通信系统必须覆盖总部数据中心、省级数据中心及各站点。电动汽车通信网络整体网络架构如图 5 所示。

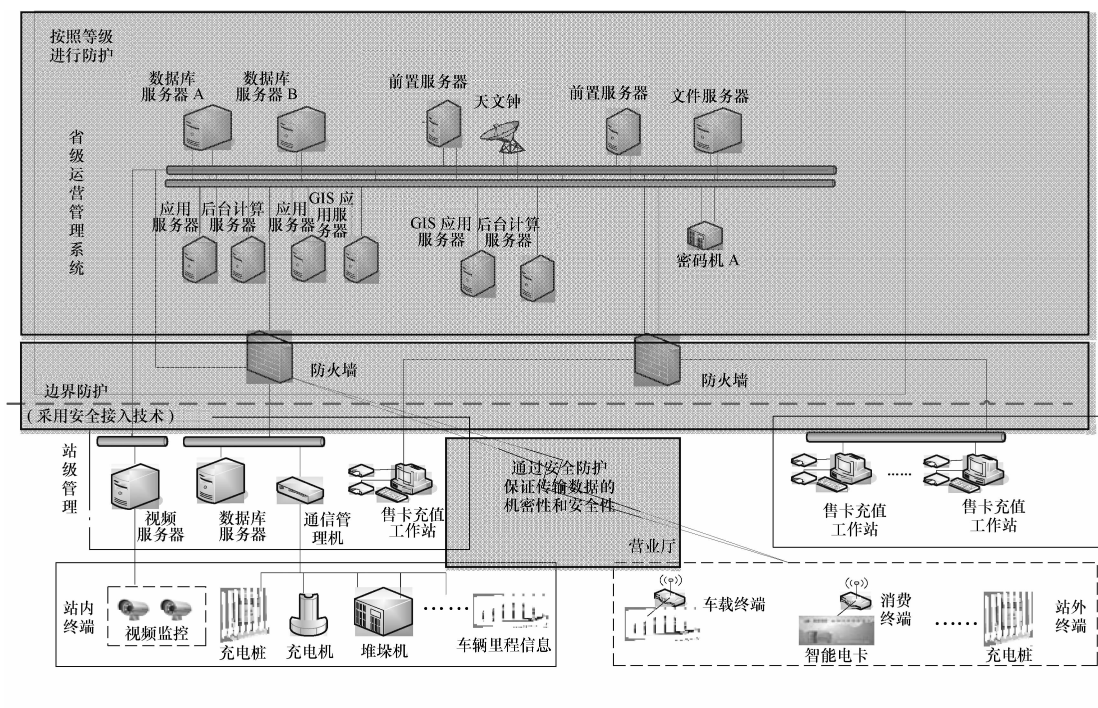


图4　总体防护框架

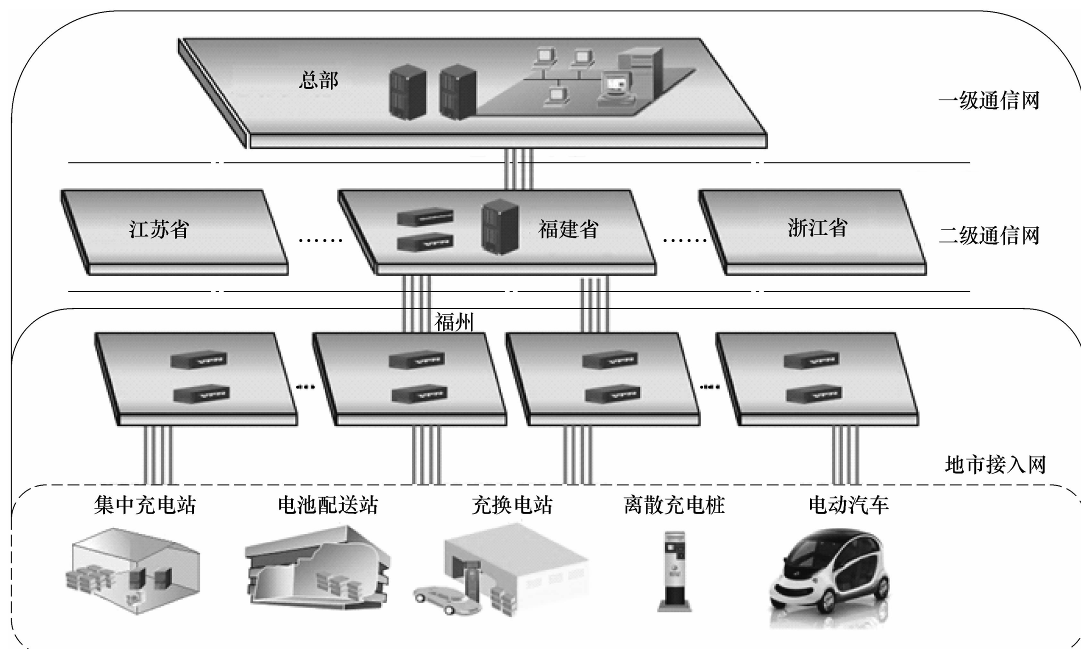


图5　电动汽车通信系统架构图

建成后的电动汽车充换电服务网络通信系统将能满足区域内各通信终端的通信需求，包括省级运营管理中心、地市级运营管理中心、站级管理中心、充电桩、集中器、营业厅、配送站的业务管理需求；满足充电桩、配电网等设备的自动化采集终端的采集与监控需求。

根据智能充电服务网络运营管理的体系架构，运营管理系统的通信网络将基于物联网技术，结合多种无线通信技术手段，充分利用电力公司专用电力骨干传输网络进行构建。其中，终端设备之间采用 RFID 技术、传感器技术、无线通信技术等技术手段实现充电设施之间的互联互通。站级管理内部，可通过内部工业以太网、无线通信网等多种灵活的通信方式实现内部网络的构建；各充电站、配送点及服务网点通过地（市）光纤通信网传至地（市）调度通信中心，再经省级光纤通信网传至省级运行管理中心。具体通信网络构建图如图 6 所示。

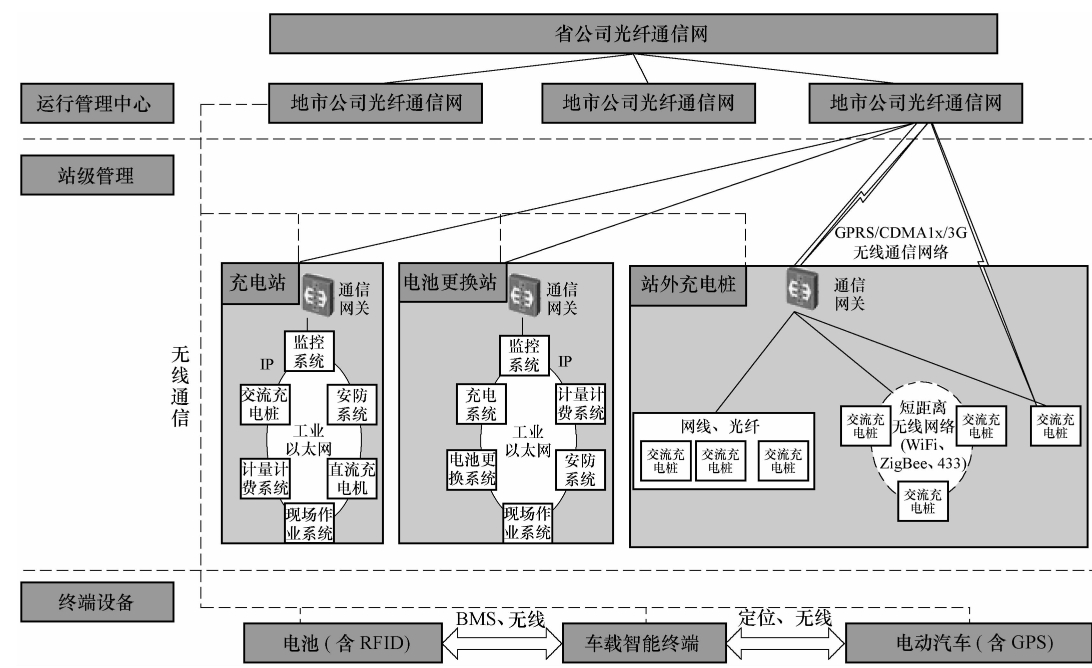


图 6　通信结构示意图

3. 结束语

电动汽车充换电服务运营管理系统涵盖客户服务管理、计量计费、收费账务、清分结算、资产管理、配送管理、检修管理、集中监测、综合统计分析等功能模块。系统已全面覆盖了总部、省、地市、站四个业务应用层，实现了充换电服务网络运营的智能化管理，为电动汽车智能充换电服务提供信息化支撑，保障充换电服务网络运行高效、可靠、安全，为电动汽车提供智能、方便快捷的充换电服务。

（作者：厦门亿力吉奥信息科技有限公司　庄玉林　樊永涛
罗兴星　郑千活　叶燕彬）

FA40　智能电动车充电解决方案

（CS55　中达电通股份有限公司）

1. 概述

因节能趋势而发展的电动汽车近年来在市场及技术上都有显著的成长，在政策支持的推动下，不仅电动车的普及率大幅提高，充电系统标准也已成形，透过国家与地方政府的补贴，各种示范运行与基础建设快速兴建，提升大众对电动车辆的了解，也逐步实现交通低碳化的目标。台达电子把握新能源产业的发展契机，开发设计了包括交流充电器、直流充电机，以及充电管理系统在内的完整电动车充电解决方案，并凭借对市场趋势的深度观察与研究，特别针对智能充电需求，结合大量各种相关应用系统，提出一整套兼顾整体性、可行性与未来性的智能充电解决方案。

2. 系统简介

台达交流充电器利用专用充电接口，以传导方式提供交流电能给车载充电机，进而为电动车电池充电，一般安装在车库、路边、或停车场（图1所示为交流充电器安装于停车场示意图），额定输出为3kW或7kW，操作简易直观。依据电动车种类，充电时间短则1～2h，长则大于10h。当交流充电器结合网络通信方式与预先定义的通信协议，即成为具备智能联网功能的智能型交流充电器，可以让电动车充电不再只是提供电力给电动车的基础供电设备，而是整体能源管理的一环。



图1　交流充电器安装于停车场示意图

台达充电管理系统（见图2），具有先进的管理与通信功能，配合具备智能联网功能的充电设备，不仅可将充电信息实时回传至充电管理系统，也可处理由充电管理系统所发出的指令或台达专有的充电控制指令，调节充电输出。充电管理系统主要功能包括充电设备监控、场站监控、充电记录、充电报表、充电预约、用户管理、能源管理等。

3. 系统功能介绍

（1）充电设备监控

充电管理系统与充电设备保持联机，可以得知充电设备最新状态。当用户在充电设备上

Delta Site Management System

Charger Id	类型	Model	Mac Address	Locked	状态
XT01	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:a3		Ready
XT02	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:98		Ready
XT03	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:aa		Ready
XT04	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:94		Ready
WT01	DC	DC	00:18:23:05:00:89		Offline
WT02	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:a8		Offline
WT03	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:9a		Offline
WT04	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:9b		Offline
WT05	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:ad		Offline
WT06	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:9e		Offline
WT07	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:97		Offline
WT08	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:95		Offline
WT09	AC Pedestal	AC_1	00:18:23:05:00:96		Offline

图 2　台达充电管理系统

刷卡时，卡片信息立刻被送往管理系统进行认证。当用户通过认证后，充电设备开始进行充电，此时的充电电压、充电电流等信息也会实时送往管理系统。当充电设备发生异常告警时，管理系统可以立刻通知管理者，并建议故障处理方式。

（2）场站监控

充电管理系统除了监控个别充电设备，也可以针对整体场站进行监控，利用电能表、温湿度计与其他侦测传感器等接口设备，随时监控充电场站状态，当发生任何异常告警时，管理系统可立刻通知管理者，并建议故障处理方式。

（3）充电记录

充电管理系统完整记录每一次的充电信息，包括用户标识符、充电设备标识符、充电开始时间、结束时间、累积充电量等，并且提供管理员各种查询功能，例如查询上个月单一充电设备的完整充电记录。

（4）充电报表

利用充电管理系统所储存的充电记录，产出统计报表，例如每日充电用电量、充电时间等，适用于营运管理与分析。如果计费信息已知，充电报表可结合计费方式，产出充电费用报表，适用于账务处理。

（5）充电预约

用户利用网页界面预约使用充电设备，在预约完成后，该充电设备将只接受特定用户卡片进行充电，其他卡片都不会启动充电。预约规则根据用户需求而定，最常见的方式是设定预约时限，在预约时限内如果该充电设备未被启用，预约将被解除，该充电设备可接受其他用户卡片的充电要求。

（6）用户管理

为了记录用户充电数据，一般应用都需要用户信息可能包括用户姓名、用户等级、车辆种类、卡片号码等。充电管理系统具备用户管理功能，包括新增、编辑、删除用户数据，以

及变更卡片号码。

（7）能源管理

当充电场站的充电需求有可能超过场站额定容量时，充电管理系统自动启动能源管理功能，执行充电调控，根据电动车种类、用户等级、用车需求、实时电价信息等，以不同算法调节各充电设备的输出与用电量，降低用电费用。充电调控也可由管理人员手动启动，针对特定需求调节充电设备输出，确保用电方式的优化。

4. 系统接口

台达充电管理系统具有与智能电网、家庭自动化、楼宇自动化、公共充电服务网络等系统连接的接口，如图 3 台达充电管理系统与系统接口所示，实现可靠、安全、高效的电力管理。

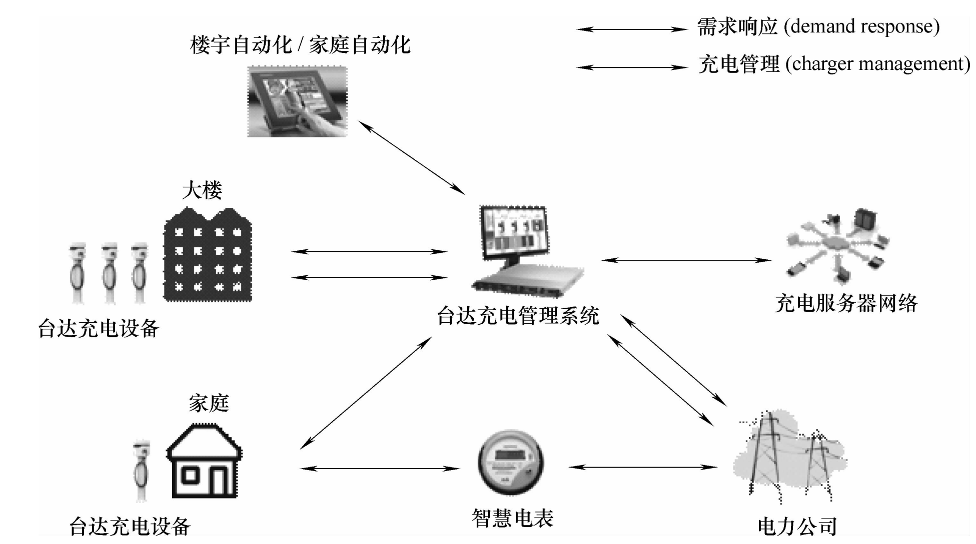


图 3　台达充电管理系统与系统接口

（1）智能电网

当电动车普及率增加，电动车充电需求将对电力系统负荷产生负担，进而增加发、输、配电系统的压力，使得电力公司的装置容量与电力输送设备也必须随之调整，而造成电力公司维护成本增加。智能电网的通信技术能在电网内整合及控制充电站、发电机、太阳能发电厂、风力及其他电力来源，也能与电力公司及电能消费者，包含个人、行业及企业能源消费者，随时交换电力产出与使用数据，也能迅速地隔离故障器件，在减少人为干预的情况下使系统迅速恢复到正常状态，提高系统供电的安全性和可靠性。

智能电网可借由关闭不急需用电者的充电电源，转移电力的使用，提升电网可靠性。未来并可搭配 V2G 管理调度，让电动车成为电网中的暂时电力来源，甚至将电能回送电网，有助于缓和电动车大量导入对电网的冲击。

（2）家庭自动化

家庭自动化系统利用控制及通信技术，实现一般家庭住宅中各类设备的自动管理，当充电设备及充电管理功能加入家庭自动化系统中，将使充电设备成为家庭自动化家电中的一员，接受家庭自动化系统的控制、监视、协调、异常处理，并根据个人或家庭环境、设备类型、生活方式、习惯、具体需求等，定制相应的解决方案。

为减低电动车充电对家庭用电的影响，家庭自动化系统可以透过台达充电管理系统，指定电动车充电在家庭用电的峰谷时段才开始，充电输出也可配合用车时间予以调控，达到优化的配置。

（3）楼宇自动化

智能建筑通过楼宇自动化系统实现建筑物内设备与环境的监控，对充电设备的信息进行分析、处理、判断等，达到自动检测与协调控制等功能，并具备集中操作、显示与告警等特性，借由对大楼内各种机电设备的统一管理，实现能源管理自动化，节能减耗，创造高效可靠的使用环境。

楼宇自动化系统中的振动侦测器得知发生地震时，将立即触发警报系统，大楼内灯光快速闪烁或全亮，关闭暖气、瓦斯及主要家电，并利用台达充电管理系统立即关闭电动车充电设备，将所有实时信息都呈现在大楼中央控制管理室。

（4）公共充电服务网络

公共充电服务网络经营者发行公共充电卡，让电动车车主使用所开放的公共充电设备进行充电。车主利用充电服务网络管理平台所提供的网页接口或手机软件，查询充电设备地点与状态，同时也结合导航服务与预约充电功能，实现综合服务体验。随着多项公共充电设备建设与重点覆盖计划的进行，公共充电设备的数量预期将大幅增加，远程管理的需求也更显重要。

当公共充电设备及网络建置完备，网络平台与台达充电管理系统将具备完整通信功能，电动车车主可以根据充电地点安排旅游行程路线，利用导航功能，调节用电需求，体验低碳旅游的新理念。

5. 结束语

台达结合电力电子设计与软件管理功能所研发的智能电动车充电解决方案，将电动车充电从单纯的满足用车需求，提升为能源管理系统中不可或缺的一环，借由与电动车充电站营运商、智能电网、家庭自动化、楼宇自动化等行业伙伴的合作，发展创新应用，加速充电设备的建设，满足市场需求，达成节能减排的目标。

（作者：中达电通股份有限公司　江明谕）

FA41　ABB 一体化电动汽车充电解决方案

（CS01　ABB（中国）有限公司）

1. 概述

ABB 提供质量领先的直流快速的商业充电机、家庭壁挂式充电机和基于互联网的在线服务的一体化充电服务解决方案。

ABB 充电机具有以下特点：

1）充电快速可靠，应用范围广泛；

2）支持远程监控、管理，在线修改、升级（见图 1）；

3）支持智能手机等移动终端的 APP 软件远程控制；

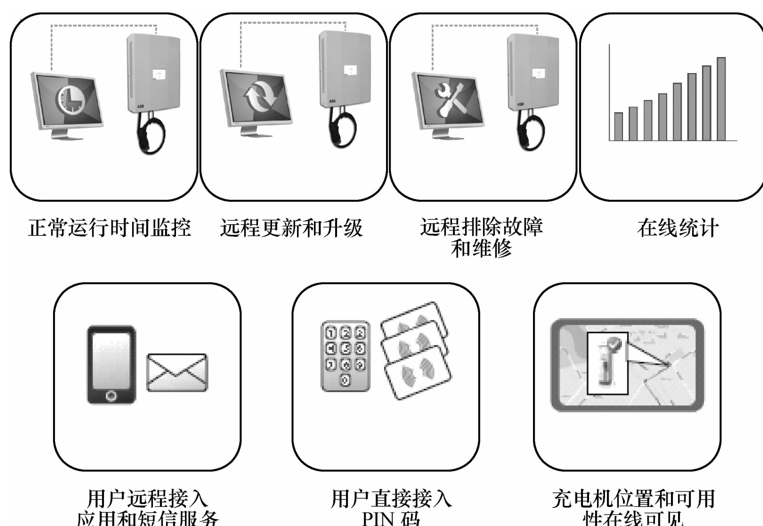


图 1　充电机界面图

4）快速可靠的服务，充电机正常运行时间最大化。

2. ABB 充电机产品简介

（1）Terra 系列充电机（见图 2）

1）适用于充电站、写字楼和超级商场、汽车经销商、汽车租赁公司等商业用途。

2）得益于其多协议设计，Terra 53 能够轻松定制，支持 GB（默认）、CCS 和 CHAdeMO 1.0 直流快速充电标准以及 EN61851-1 交流充电标准（类型 2，模式 3），是一款可以灵活配置的快速充电装置，是汽车经销商、加油站和繁华市区的理想选择。

3）所有 ABB 充电装置都享有基于互联网连接的联网服务，使客户轻松将其充电机接入不同软件系统，包括后台管理系统、支付平台、智能电网系统。这样就可实现远程协助，定制故障诊断、排除和维修，远程更新和升级。这是基于开放行业接口的可靠安全连接解决方案，极具成本效益并能满足未来连接需求。



图 2　Terra 充电机外形图

4）主要特性

①GB 标准直流快速充电；

②在 15min 内可充电为 30%～80%；

③通过开放行业标准能够满足未来连接需求；

④灵活接口连接客户增值系统；

⑤远程协助和正常运行监控；

⑥远程更新和升级；

⑦使用简单；

⑧8in（英寸）防日光触屏显示；

⑨充电进程图形显示；

⑩用户授权；

⑪外形美观及全天候适用的不锈钢机柜；
⑫安装快速、简单；
⑬工作噪声小。
5）主要可选功能
①基础型交流电能表测量交流输出电能；
②PIN 码验证；
③输入功率限制软件，避免昂贵的电网升级成本；
④数据统计和访问管理网络模块；
⑤集成后台管理系统、支付平台和智能电网系统；
⑥更广泛的温度范围为 -35 ~ +45℃；
⑦远程可复位微型断路器（MCB）和漏电保护器（RCD），正常运行时间最大化；
⑧定制品牌。

表 1　Terra 充电机技术指标

主要参数	充电出口规格	GB（默认）
	充电标准	GB
	最大输出功率	50kW
	输出电压范围	DC 50 ~570V
	最大输出电流	DC 125A
	连接标准	GBT20234. 3—2011
	连接器/插座类型	GB
	电缆长度	3. 9m
	兼容电动汽车品牌	比亚迪・戴姆勒、比亚迪、北汽、上汽、一汽、日产等符合国标接口的车型
一般参数	环境	室内或室外
	工作温度	-10 ~ +45℃ 可选：-35 ~ +45℃
	贮存温度	-40 ~ +70℃
	兼容性和安全性	国标 GB
	交流电源输入连接	3P +N+ PE
	输入电压范围	AC 380V ±10%（50Hz）
	最大额定输入电流和功率	125A，86kVA
	功率因数（满载）	>0. 96
	效率	额定输出功率条件下 95%
	RFID 系统	ISO/IEC 14443A/B，ISO/IEC 15693，FeliCaTM 1，NFC 读卡器模式，LEGIC Prime & Advant
	网络连接	GSM/CDMA/3G 调制解调器，10/100 Base-T 以太网
	防护等级	IP54
	工作噪声	正常运行工况 45 ~50dBA
	尺寸（深×宽×高）	760mm×525mm×1990mm
	重量	400kg

（2）Wall-box 壁挂式系列充电机

1）适用于家庭小区、别墅和办公停车场等场所。

2）ABB Wallbox GB 壁挂式充电机是基于国家标准的快速直流充电机。ABB 提供定制化的产品，包括性能、外观、标识等（见图3 仅作参考）。

3）ABB 壁挂式充电机功率为7～22kW（可根据实际需要选择），可以在30min～3h（时间与不同车型所带电池相关）充电完毕。

4）主要可选功能：

①充电机功率为7kW（进线为AC 220V）～22kW（从10kW 开始进线为AC 380V）；

②根据需要可以有户内和户外选择；

③PIN 码验证；

④数据统计和访问管理网络模块，集成后台管理系统、智能电网系统；

⑤广泛的温度范围为－10～＋50℃；

⑥最大额定输入电流为16～32A；输出电压为220～570V；

⑦远程可复位微型断路器（MCB）和漏电保护器（RCD），确保正常运行时间最大化；

⑧品牌定制。



图3　Wall-Box 挂壁式充电机（定制化产品，图片仅供参考）

3. 建议合作模式

ABB 愿意与电动汽车 OEM 成为长期战略合作伙伴，共同开发满足于其电动汽车的壁挂式直流充电机。为确保每个壁挂式直流充电机都能有效使用及得到及时维护，ABB 建议现阶段采用定制化合作开发模式，建议流程如下：

①ABB 与 OEM 洽谈了解电动车型和 OEM 的基本需求；

②ABB 根据电动车型和 OEM 基本需求建议合作方案；

③合作方案进行澄清、调整和优化；

④双方达成技术和商务初步合作意向；

⑤ABB 进行壁挂式直流充电机的开发；

⑥开发过程中对充电机和电动车测试；

⑦小批量交货并安装和调试支持；

⑧与 OEM 共同推广电动车和充电机；

⑨后续批量充电机合作；

⑩与其他不同功率需求的电动汽车充电机合作。

ABB 愿意与各个电动汽车 OEM、充电站运营商、电网公司等其他有志于长期在电动汽车行业发展的企事业共同寻找合适的商业模式推动电动汽车产业在中国的发展。

4. 基于互联网连接的在线服务

ABB 充电机可提供基于互联网连接的在线服务（见图4），能够帮助客户实现快速、稳定的后台管理，在线监控，在线修改和升级，运营统计等信息化服务。

5. 成功案例

ABB 拥有丰富经验和成功案例，业务遍及欧洲（荷兰，英国，德国、意大利等）、北美、澳洲、亚洲（韩国、新加坡、中国）等30 多个国家，在中国大陆和中国台湾、香港地

区均有 ABB 的成功案例，为您的爱车保驾护航。

（1）案例 1：爱沙尼亚——全球首个国家级电动汽车充电网络（见图 5）

全国性网络：爱沙尼亚的每条主干道每隔大约 50km 都将设有一台快速充电机，于 2013 年 2 月 20 日开始启用。

超过 200 台直流 + 交流组合式快速充电机，在办公地点安装大约 507 台交流充电机，交钥匙项目和网络服务，可通过会员卡的 RFID、短信、电子钱包支付。

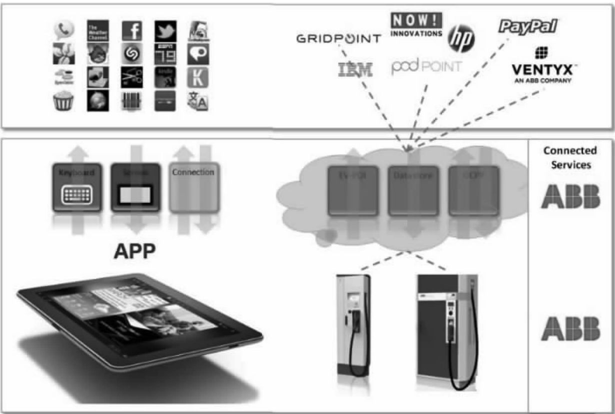


图 4　ABB 充电机物联网服务示意图



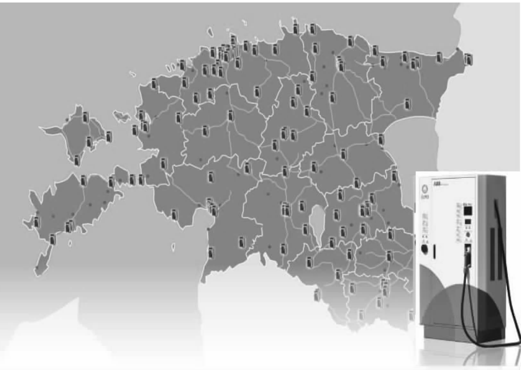


图 5

（2）案例 2：荷兰——FASTNED 国家级电动汽车充电网络（见图 6）

2013 年开始陆续投入使用，计划到 2015 年建设 201 个充电站，各站使用多台充电机，带太阳能遮篷，整体节能解决方案。

（3）案例 3：ABB 与深圳比亚迪戴姆勒战略合作项目

ABB 与全国首个专注于电动汽车的深圳市比亚迪戴姆勒新技术有限公司强强合作，ABB 为其名下的腾势电动汽车提供壁挂式充电机。

该充电机具有结构坚固、充电稳定可靠、操作简便、能够在线连接特点，适合家庭小区和办公车库等场所。

（4）案例 4：广州花都区直流快充网络（见图 7）

ABB 为广州市花都区电动汽车充电站 1 期项目超过 30 个 Terra 系列 50kW 的直流快速充电机，能够用 30min 将东风日产提供的晨风 E30 纯电动汽车的士充满电，具有充电稳定快捷、会员付费、后台管理的特点，获得客户高度满意的评价。

ABB 电动汽车充电业务将携手——电动汽车生产商，电网、石化企业，电动交通运营公司，集成商——共同为在中国推广电动汽车贡献力量，实现中国交通的智能化和可持续发展!



图 6



图 7

（作者：ABB（中国）有限公司　刘剑星）

2.10　能源管理系统

FA42　大型酒店能效管理方案

（CS05　北京爱博精电科技有限公司）

1. 概述

大型酒店具备住宿、餐饮、娱乐、会展等丰富多样的功能，为了向顾客提供最优质的服

务、提升顾客体验，酒店配备了大量基础服务设施，这些设施在为酒店营造舒适环境的同时消耗了大量能源。随着能源价格的提高，酒店的能源成本在日常运营成本中所占的比重日益升高，节能降耗、提高能源使用效率是酒店节约开支、增加利润、提升竞争力的迫切需要，同时也是建设绿色节能型酒店的硬性要求。

AcuEMS 能源管理系统是一套专门针对建筑能源管理的软硬件系统平台，通过建立以能耗数据为导向的建筑能源监管体系，实现建筑能源消耗的精细化定量管理，以管理手段达到节能目的。该系统能够帮助用户规范能源管理，通过记录能源消耗的过程、分析能源使用状况，确认能源消耗水平，查找能源消耗存在的问题及漏洞，挖掘节能潜力，提出切实可行的节能措施和建议，为酒店节能降耗提供有力的技术支持。

2. 能源管理系统组成

AcuEMS 系统由各类计量装置、数据采集器、数据服务器和能耗数据管理软件系统组成，该系统将酒店内的照明、空调、动力、供热、供冷、燃气、给排水、新能源等能源使用情况进行集中采集、监视、分析、管理及控制。AcuEMS 系统的硬件组成在设计上分为 3 层结构（见图 1），由三个独立的子系统组成，分别为数据采集子系统、数据传输子系统和数据处理子系统。

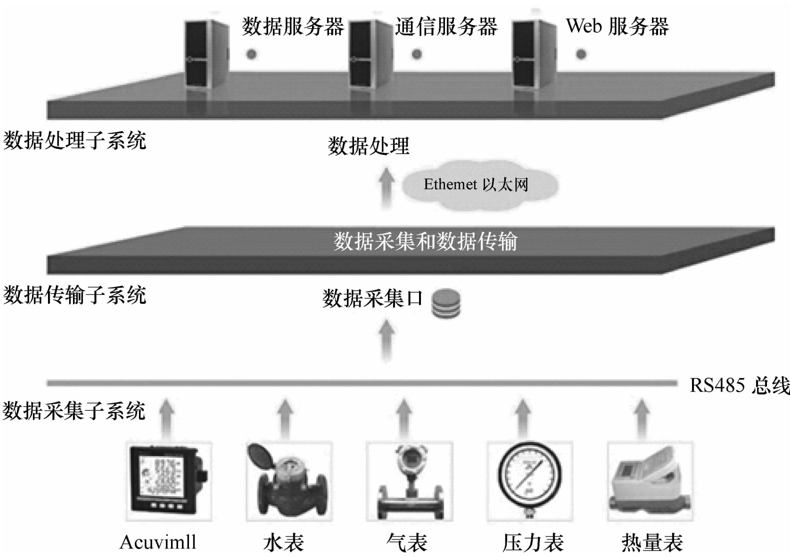


图 1　能源系统组成结构示意图

（1）数据采集子系统

数据采集子系统主要由分布在酒店各处能耗计量现场的智能仪表（包括各类电参数测量仪表、水表、冷热量表、燃气表等）组成，智能仪表担负着底层的能耗数据采集任务，确保监测的能耗参数实时、完整、准确、掉电不丢失。酒店的配电监控系统、楼宇自控系统、智能照明控制系统等子系统也可作为数据采集子系统，通过酒店内部网络将相关数据信息送入能源管理系统中。

（2）数据传输子系统

数据传输子系统由数据采集器、光纤收发器、网络交换机及通信线缆组成。该子系统是数据信息交换的桥梁，负责对现场设备收集的数据信息进行采集、分类和传送，同时也可传达上位机对现场设备的各种控制命令。

（3）数据处理子系统

数据处理子系统是人机交互的直接窗口，也是 AcuEMS 系统的核心部分，由系统软件和必要的硬件设备如数据服务器、显示器、打印机、UPS 电源等组成，系统软件具有专业的数据采集、数据分析、节能诊断、报表管理、越限报警等功能以及良好的人机交互界面。

系统特点：AcuEMS 系统采用多种方式优化组网，具备丰富的规约库，可实现第三方智能设备的无缝接入，该系统平台还可将配电监控系统、楼宇治安系统、智能照明系统整合在一起，从而以较低的成本投入，实现对酒店机电设备及配电系统管理升级，体现了爱博精电公司节约务实的精神理念。

3. 能源管理系统功能

AcuEMS 系统根据建筑能源管理五个层次的需求（见图 2）设定了十大主要功能，分别为能源看板（见图 3）、实时监控、数据查询、统计分析、节能诊断、能源报表、指标体系、节能足迹、报警管理和设备管理。

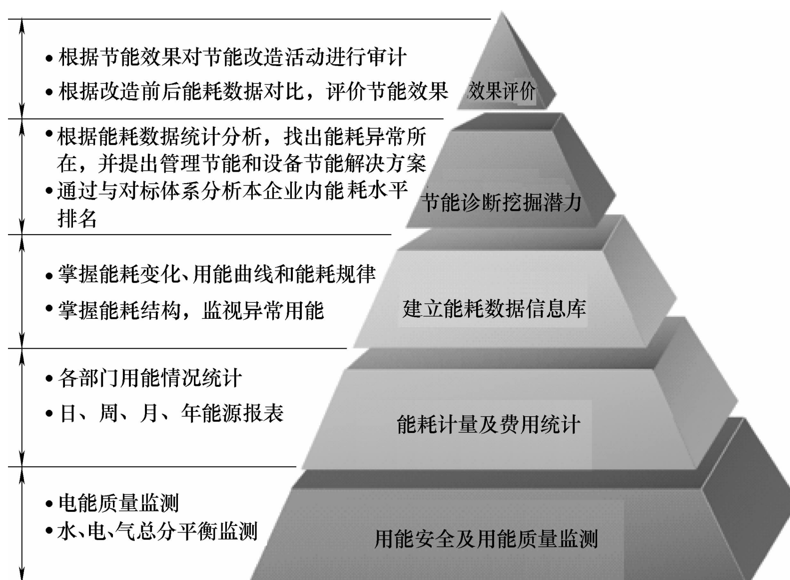


图 2　能源管理五个层需求的示意图

这些功能可以帮助管理人员更加全面深入地了解酒店每一时刻、每一角落的能耗情况，并对能源供应的安全性、能耗量、设备运行能耗的合理性进行分析，对节能潜力进行挖掘，对节能效果进行评估，实现能源从输配到消耗全过程、多方位的管理。

1）能源看板：能源看板是能源管理系统提供的一项系统概览功能，以各类图表的方式直接呈现酒店的整体能耗、各分类分项能耗及能耗趋势等信息。能源看板可以灵活配置，不同用户可以根据各自不同的工作需要和关注点，设置不同的能源看板。

2）实现监控：酒店能源管理系统能够对能源使用的全过程进行监测，使看不见的能源消耗可视化、能耗监测动态化，系统将酒店基础设施的能耗信息清晰地展示于系统平台中，如可监测酒店的每一条用电支路的耗电量、实时功率等实时参数，也可以监测水管的跑冒滴漏等情况，并配合声光效果对发生故障进行实时报警。

3）数据查询：能耗综合查询功能以能源管理系统的计量仪表及数据采集、上报的能耗数据为基础，实现对各类能耗数据、运行参数的查询检索，系统具备强大的查询功能，可设



图 3　AcuEMS 能源看板样例图

定任意组合条件进行数据查询。

4）统计分析：数据统计分析功能以能耗数据为依据，对酒店各种类能源的消耗过程，从不同的维度对数据进行分析，用户可以按照区域、组织机构、分项（照明、空调、动力、特殊）、分类（水、电、气）、分户来分析用能情况；支持自定义能耗趋势分析，用户可以根据自己的需要，在权限范围内自由组合能耗分析项，为节能诊断提供辅助。

5）节能诊断：此功能实现了为酒店配备贴身的能源管理专家，通过后台专家团队对酒店的每一个设备、每一个系统能耗深入细致分析，发现酒店能源管理存在的问题，站在能源管理的角度对设备能效、建筑能耗水平、能源管理流程等给出分析评估报告。第一时间通过远程服务器发送给相关管理人员，从物业管理到系统改造等多个方面，优化设备运行及管理流程，帮助管理人员对酒店进行有效的节能管理和改造，提高能源效率，降低能源消耗。

6）能源报表：报表功能包含了日常使用的所有能耗报告、报表等，可根据酒店日常办公的需求打印出百种报表。报表类型包括设备集报表、分户报表、财务报表、用电参数报表、环境参数报表、空调运行报表、诊断信息报表、节能足迹报表、天气报表等。

7）指标体系：提供建筑全面的能耗数据，进行行业对标分析，每个建筑都有自己特定的指标体系，根据节能目标，制定定额管理的用能指标，让领导可以从宏观把控节能工作，设定、追踪、考核用能指标，分析变化趋势，提炼有价值的量化对比指标或无量纲效率指标。

8）节能足迹：节能足迹记录了每一次节能改造的过程及成果，使原来无法说清楚的能源管理，变得可量化、可比较、可评价。记录每一次节能改造后，在有效时间段内所节约的能耗总量，记录节能措施的简单信息和改造方法，清晰明了的展示节能工作所取得的成绩。

9）报警管理：报警功能是对监测到的异常能耗信息进行报警记录与提示，系统具备强大的报警及预警功能，可以对整个用能过程进行全面的报警监测。

10）设备管理：系统能提供能耗设备的状态信息记录、计量设备到检定日期的提醒服务、设备工作状态异常提醒服务，协助制定维修保养计划，并记录执行情况，便于管理者检索和检查工作。

4. AcuEMS 技术特点

AcuEMS 能源管理系统直接采用基于 Web 的主流 B/S 架构进行设计，系统的扩展易于实现，由系统管理员分配一个用户名和密码即可，使用一台能上网的计算机通过浏览器即可访问能源管理系统，而不用安装任何专门的软件，真正实现了互联网平台的一体化运作和客户端分布式结构体系，轻松搭建集团化的能源管理监控平台。

系统采用“云计算”体系，通过分布式存储、分布式计算、模块化等技术实现面向服务（SOA）的“私有云”数据中心平台，将能耗数据、物业操作管理数据、用户交互数据、费用数据、建筑信息、节能过程记录数据等相关数据和信息全部接入该中心平台进行计算和处理，并可以通过灵活的方式将信息分发到 PC、大尺寸显示屏、手机等多种形式的终端设备。

系统还具有使用方便、灵活性强、容易升级和维护、安全性高等多种技术优势，并且可以实现多级账户和权限管理功能，可进行远程的配置和维护，可实现实时数据库无限量采集。所有工程的创建、工程配置、数据库设置、图面制作、软件管理和监控运行等都可以通过浏览器在客户端来实现，因此可以说，客户端是“全功能”的，任何工程师可以做的事情，客户端只要有足够的权限都可以做得到。

5. 网络架构

AcuEMS 系统采用分布式集散控制方式的网络结构（见图 4），数据应用层建立在以太网络上，数据采集层则采用 RS485 总线技术，两个层面均可以自由拓扑，灵活的结构为系统实施和维护带来最大的便利。数据应用层网络以酒店内网为物理链路，通过标准 TCP/IP 通信协议高速通信，主要设备包括数据服务器、Web 服务器、实时数据库、客户浏览机。数据采集层网络采用 RS485 现场总线，将数据采集器、通信网关、智能电力仪表、智能水表、燃气表、冷热量仪表等现场设备连接在一起。

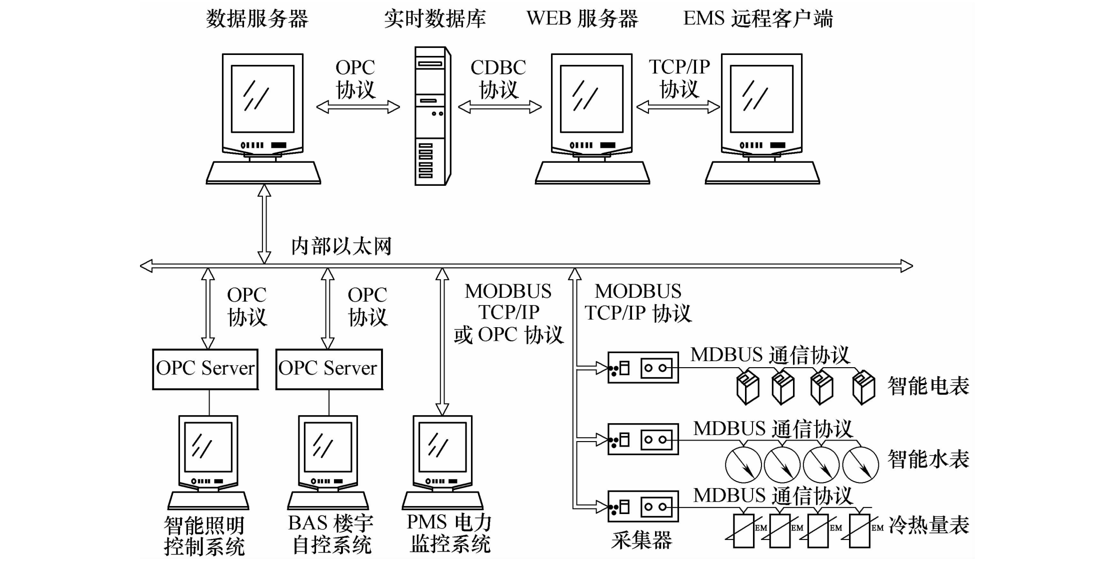


图 4　AcuEMS 的网络架构图

数据采集器是系统网络架构的核心设备，它是计量仪表与数据服务器通信的中枢，负责将计量仪表的能耗数据推送到数据服务器之中。采集器以 MODBUS 协议读取各计量仪表的能耗数据，再以 MODBUS TCP/IP 协议将仪表的能耗数据推送到数据服务器，从而实现两个网络层面的数据交互。采集器具备多种硬件接口和开放的软件接口，能以 TCP/IP、LonWorks、Modbus 等不同协议与其他厂商的设备通信。

对于酒店原有的智能照明控制系统、楼控系统、电力监控系统，AcuEMS 系统可以通过 OPC 通信协议将所有的能耗相关数据信息纳入一个系统框架内，实现各子系统之间的互通互连与数据共享。

6. 适用范围

AcuEMS 能源管理系统平台具有很强的通用性和兼容性，适用于不同建筑的能源管理需求，AcuEMS 系统能应用在政府机关、科研院校、数据中心、综合酒店、住宅小区、酒店超市、宾馆酒店、大型场馆、机场车站、基础设施、公共机构等各类建筑场合。

7. 实际应用情况

（1）天津圣光酒店概况

圣光酒店总建筑面积 5 万多平方米，内外装修均按照国际五星级标准建设及配置，各项功能设施齐全，餐饮服务更是酒店的一大特色。其主要消耗能源为电能、天然气和水，主要的用能环节包括空调、电梯、照明、冷热水、供水等环节，总能耗中电的消耗比例最大。酒店设计有智能照明系统、楼宇自控系统、电力监控系统，但没有针对能耗监测的能源管理系统，由于缺乏详实的能耗数据，很难全面了解水、电、气、暖等各类能源的消耗过程，大量的能耗设备因为无法做到全面监测而存在管理盲点和能耗漏洞。

（2）酒店能效管理的基本方案设计

AcuEMS 能源管理系统能够为大型酒店提供最佳的能源管理工作平台，系统将酒店内的各个子系统、能耗设备纳入到统一平台框架之下，并运用云计算技术实现对酒店能源的科学、经济、便捷、高效的管控。AcuEMS 总体设计原则是，以数据服务器为核心，以酒店内部网络为基础，搭建 AcuEMS 软件运行平台，通过信息交换和共享，将酒店的各个子系统、能耗计量仪表组合成一个有机的系统。

AcuEMS 系统通过对酒店内的空调机组、采暖锅炉、通风系统、照明用电、给排水系统等能耗设备进行能耗数据采集，读取酒店其他子系统与能耗相关信息和数据，通过数据服务器对酒店能耗数据、设备运行数据、酒店环境数据的处理分析，在满足酒店环境需求的前提下，给出最佳的能源管理策略，从而实现节省能源，节省人力、节省酒店运营成本。

系统拓扑结构（见图 5）：

系统采用“站控管理层——网络通信层——现场设备层”的分层分布式设计，站控管理层设置于酒店的弱电监控室内，其设备包括安装有 AcuEMS 软件的数据服务器、Web 服务器和客户浏览机，负责对能耗数据进行集中处理；网络通信层由网络交换机、光纤收发器、数据采集器组成，负责与酒店其他子系统及现场设备层的各类仪表装置进行通信；现场设备层是指酒店各级能耗设备计量仪表，如酒店楼层照明计量仪表、楼层动力计量仪表、餐厅用水计量仪表、餐厅燃气表、暖通系统冷热量表等。

（3）AcuEMS 系统运行情况

能源管理系统项目的实施为圣光酒店的能源管理工作带了极大的便利，大大优化了酒店能源管理的流程，提高了酒店的能源管理水平，降低了酒店能耗，为酒店获得住建部“绿

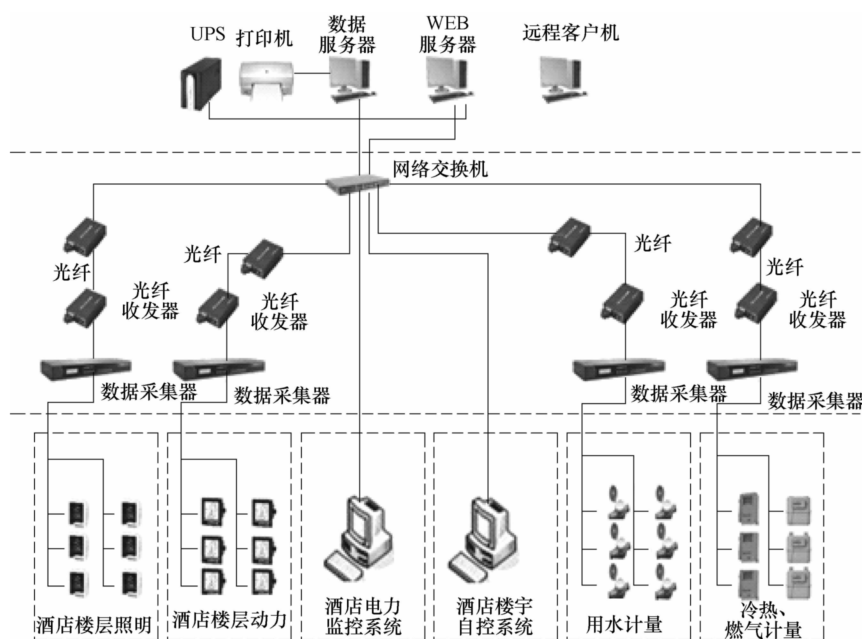


图 5　系统拓扑图

建三星”标识提供了大力的帮助。

AcuEMS 通过对酒店供配电系统的实时监测，及时发现酒店电网参数异常情况，通过对配电回路用电量的合理分配调度，使酒店电网的三相电流最大限度的保持平衡，使变压器的负荷尽可能的平稳，从而提高电能质量、确保用电安全。项目实施不仅实现了酒店电、水、气等能耗的远程自动抄表，而且还可以按照能源费率，自动生成日、周、月、年的能耗报表及能耗财务报表，大大的降低了劳动强度，节约了酒店的人工成本。

AcuEMS 对酒店的能源系统按照分类、分项、分级及分区域的方式进行计量监测和统计分析，从而能够精确发现能耗漏洞，并精准的定位能耗异常的位置，从而可以做到有重点、有针对性的进行能源管理。系统通过分析酒店能耗与入住率的关系、分析酒店淡旺季能耗差别，对酒店的能耗情况、设备运行的能效进行综合评价，并帮助管理人员制定适合酒店经营特点的最佳设备运行模式。系统通过与智能照明、楼宇自控、电力监控系统的协同运行，最大限度的减少中央空调系统能源浪费，将大大降低酒店的整体能耗，提高能源利用效率，使酒店的建设更加符合绿色、节能、低碳的要求。

（作者：北京爱博精电科技有限公司　孙春杰　杨英刚）

FA43　数字化营房智能管理系统

（CS57　珠海大唐电子有限公司）

1. 概述

营区数字化智能管理系统是一个全方位立体部署、分布式、层次化、模块化、可定制的

集软硬件一体的物联网信息系统。在营区建设与管理过程中，实现营区要素数字化、设施设备智能化、信息资源网络化和日常管理可视化。营区数字化建设遵循统筹规划、统一标准，需求牵引、分类实施，技术先进、适度超前，精细量化、高效节约的原则。

营区数字化主要是为了实现现代营房信息智能建设，规范军队营区数字化建设。适用于改（扩）建营区。主要的建设内容如下：

1）营区物联网：分为营区局域网、营区建设网、设备控制箱、模数转换器等设备数据实时交换。

2）设施设备智能改造：分为供水、供电、供热和中央空调等设施设备智能管控。

3）装备营具智能识别：分为装备、营具、管理设备的修改方案和识别、确认、检查等装备营具智能识别与管理。

4）营区环境智能监测：用于水质、温湿度、噪声、空气质量、辐射等营区环境变化动态分析和实时预警。

5）建设营区管控中心：分为中心控制室、信息显示屏、中央控制台、专用服务器、计算机终端等营房保障和营区设施设备集中管控。

6）实施营区要素数字化转换：用于属性、管理、图形、文档等营区管理数据规范统一。

7）设施设备监控系统：用于供水、供电、供热、中央空调、环境监测的设施设备在线监控和远程管控。

8）营房业务管理系统：用于基础信息、人员管理、公寓住房、营房维修、营具管理、营房物资、环保绿化、装备管理、工程建设、房屋租赁等营房管理精细量化、节能高效。

9）营房服务网站：分为营房服务网站、公用信息界面、管理决策界面、业务处理界面、用户交互界面等构建营房数字化综合管理系统。

2. 系统功能

管理系统由配电自动化管理模块、配电安防管理模块、办公能耗管理模块、生活能耗管理模块、公用设备管理模块和集中监控服务中心六个部分统构成（见图1）。系统工作时通过对配电系统的电力参数测控装置通信采集电力能源参数，对远传水表读取水表的数据，对电缆沟井浸水量的实时测量，实现对电缆沟井污水的自动排放；通过环境温度异常和电缆带电状态改变报警，达到实时掌控电缆沟井内电力设施工作状态的目的；通过对配电室内环境温湿度的监测，实现对环境状态的实时了解；通过非法入侵报警和实时图像传送到控制中心，实现电力设施的防盗；系统还可以实现手机用户、网内用户和internet用户的远程控制和访问。该系统是保证配电室内安全可工作的专用测控系统。

3. 系统特点

1）系统为积木式结构，五个子系统可任意组合构成新的子系统；

2）五个子系统中的每个系统均可独立工作；

3）根据用户要求，五个子系可以任意组合，构成新子系统，并能正常工作；

4）根据用户要求，系统可增加新功能；

5）系统工作稳定可靠，适合各种工作的环境；

6）设立无线电话输出，出现故障或者异常可以及时通知管理员。

系统主要布设营区设备网，加装各类智能设备，联通局域网。最终搭建营区物联网，实现营区智能设备的在线监测及远程管控（见图2）。



图 1　数字化营房智能管理系统架构图

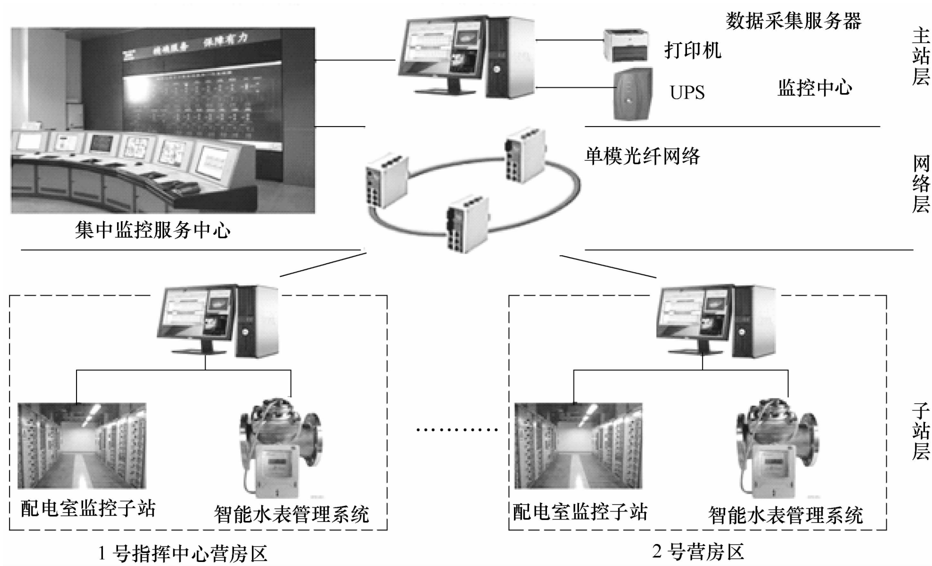


图 2　数字化营房智能管理系统拓扑结构图

4. 系统功能模块

（1）配电自动化管理模块

1）配电房无人化管理与集中控制管理

配电自动化管理模块设计实现各配电房系统正常情况下的无人值守运行，由中央监控室集中监控管理，实现运行管理效率的最大化。

2）分层、分布式网络结构

配电自动化管理模块网络结构设计采用成熟可靠的分层分布系统结构，包括各配电房子站与监控室配电自动化管理模块主站间的连接的分布式以太网；各配电室子站内采用 RS485 总线连接构成。所有间隔层功能完全由当地硬件分散实现，主控单元和网络仅承担上下传数

据的通信、处理和转发等功能，避免了集中（或中央）处理模式的风险聚集。

3）系统软件的高稳定可靠性、高可用率、易用性

本配电自动化管理模块由于环境要求的功能特点，要求供电系统的运营管理具有可靠、连续、高效、反应及时的特点，而且由于用电负荷大，实现节能经济运行也是本系统必须考虑满足的一项重要指标。本系统数据分析应用功能应能提供各负荷的特征分析功能，帮助实现各设施基于实际工艺要求和用电费效最优化。本系统应具有易用易维护的特点，为操作管理人员提供易用高效的管理操作指导功能。

4）系统安全性

本配电自动化管理模块设计在可靠性前提下充分强调系统安全性要求，系统提供完整的授权机制，保证用户在授权范围内使用设备和信息，形成一个完整、可靠的安全体系。

（2）配电自动化管理模块硬件

配电自动化管理模块主要由高压微机保护装置 DTP510、高压智能配电测控装置 DTQ900、低压智能配电测控装置 DTM830 和通信转换器、数据采集服务器组成。网络和主机属于数字化营房智能管理系统共用主机资源。

（3）配电办公能耗管理模块

配电办公能耗管理模块设计了从电能数据采集到数据实时计算分析（分项采集、累加统计）直至能耗数据呈现与监控管理的整体解决方案：

1）电能数据实时采集：通过 DTL2024 多路能耗测控装置实现对生产设备回路的电量数据进行实时采集，并通过有线的方式稳定上传到监控管理中心（主机）。

2）电能数据集成与实时分析计算：通过电通码电能管理软件的能耗实时数据库有效集成海量的能耗实时数据，并进行实时的统计计算，将各能耗计量值实时转换为单位能耗。

（4）配电生活能耗管理模块

1）实现对每个配电柜进线回路电流、电压、功率、功率因数监测，电能计量。

2）各个出线回路电流、功率、监测、电能的测量。

3）对各个用水计量点的智能水表进行集中抄表。

4）通过内部网络或 RS485 总线与监控用计算机远程通信，监控计算机通过电能管理软件实现电流、负荷数据监控，电能计量情况及其用水情况等。

5）生成各种用电、用水能耗统计报表：包括动力及生产班能耗报表、日能耗报表、周能耗报表、月能耗报表等。

6）越限声光报警：根据监控主机的指令，发出电流、功率、能耗越限报警，提示操作人员安全、高效的操作管理生产设备。

7）扩展功能：可扩展到相关管理人员计算机浏览相关数据、图表。生产设备管理、调度；节能管理等。

配电生活能耗管理模块设计了从电能数据采集、水能数据采集、燃气数据采集到数据实时计算分析（分项采集、累加统计）直至能耗数据呈现与监控管理的整体解决方案。

1）电能数据实时采集：通过 DTM830 电能测控装置实现对生产设备回路的电量数据进行实时采集，并通过有线的方式稳定上传到监控管理中心（主机）。

2）用水数据的采集：通过将原有的传统水表更换为具有远传功能的智能水表，将各个用水监测点的用水数据上传到监控管理中心，通过能源管理系统可以查询到各个监测的任意事件段的用水数据并形成报表。

3）用电及其用水数据集成与实时分析计算：通过电通码能源管理软件的能耗实时数据库有效集成海量的能耗实时数据，并进行实时的统计计算，将各能耗计量值实时转换为单位能耗。

4）能源管理数据与分析结果的直观呈现：紧密结合能耗管控和监测重点，通过直观有效的能耗在线监测系统来呈现项目区域、各生产作业点、重点设施的实时耗能情况；按区域、设备类型、能耗类型图形化呈现实时能耗分析结果；提供能耗在线监察和能耗异常追踪功能；支持远程访问，使领导在任何时点、地点，都能及时查看能源使用状态；支持用户管理，只有经认证的用户，才可进行访问。

（5）配电公用设备管理模块

公用设备管理模块主要是为了实现公用设备的自动化监控和管理（见表1），同时实现节能分析和能耗管理，为节能改造提供数据基础。

表1　主要实现功能

路灯监测	1）路灯的亮灯自动化管理，路灯的状态监控 2）路灯的亮灯率统计，故障报修管理
公用用电设备监测	1）监测公用生活用水水泵状态 2）监测消防用水水泵状态 3）公用电梯状态监测
公共照明监测	公共照明控制

对营区供水、供电、供热等设施设备进行智能改造，实现设施设备智能管控。真正实现能源按需供给、耗能设备按需定时运行，提高用能效率。

1）恒压供水；

2）消防水塔自动补水；

3）锅炉系统自动控制；

4）电梯自动化监控；

5）路灯自动控制；

6）电热水炉自动控制。

（作者：珠海大唐电子有限公司　唐铭山）

FA44　医院电能管理系统方案

（CS10　博耳电力控股有限公司）

1. 概述

为保障供配电系统的安全、可靠、高质量，确保患者安全就诊环境，对医院配电系统的进线回路进行测量，对其电能质量进行治理，是必然趋势。现代医院逐步向综合化发展，功能区复杂，建筑规模庞大，各种先进的医疗设备和机电设备也伴随着医疗技术的进步大量出现。这些变化和发展对医院建筑供配电系统的安全性、可靠性和易维护性提出了更高的要求。建立能源管理系统来实时监测能耗状况及用电质量，对空调、电梯等供电回路的电气参数实时监视，多角度地分析电能使用情况，可以帮助医院实现能耗监测、节约用能、提高用电质量。

2. 客户关注

医院用户对建立能源管理系统的主要关注点如下：

1）如何建立优化的电力监控系统，保证关键用电设备的连续运行；

2）如何建立故障发生的快速响应，最短时间内排除故障，恢复医院正常运营管理；

3）如何对主要耗电负荷进行合理的电力成本控制，制定节能降耗计划；

4）如何改进补偿方案更加有效的提高功率因数，抑制电网中的谐波污染影响。

3. 电能管理系统方案

博耳电力提供的电能管理系统方案有

（1）PMW9000 电力监控系统方案

医院用电负荷大多为一级和二级负荷，对供电连续性和可靠性要求很高。

1）空调系统设备，是医院主要耗电设备，需要对电能使用重点管理；

2）2 类医疗场所对供电连续性和可靠性要求很高，需要全面监视；

3）重要医技检验科设备的主机对电能质量敏感，需要重点关注。

（2）能效管理系统方案

确保电力安全、恒温恒湿、舒适性，24h 实时检测的前提下，调整控制策略，深控设备能效，持续节能降耗。通过系统结构图、波形图、趋势预测图和报表等多种形式，完成系统的管理功能，包括配电监测和安全报警、室内环境品质管理、分楼分科室用能管理、关键科室管理等功能。图 1 所示为能源管理系统系统架构图。

1）高压进线：

①电力参数全面监视；

②电能质量情况详细记录；

③各类数据记录和事件记录；

④波形变化监视，趋势预测；

⑤断路器状态遥信和遥控。

2）低压进线：

①电力参数全面监视；

②电能质量情况监视；

③故障报警和事件记录；

④断路器状态遥信和遥控。

3）一级负荷馈线：

①电力参数和谐波含量监视；

②断路器状态遥信和遥控。

4）二级负荷馈线：

①电压电流值测量；

②断路器状态监视。

现场数据通过 Modbus 总线和网关，进入 PMW9000 电力监控软件。软件具有清晰的中文版本，可以灵活定制各种个性化的界面。通过系统结构图、波形图、趋势预测图和报表等多种形式，完成系统的管理功能。

4. 关键技术描述

（1）云端数据中心

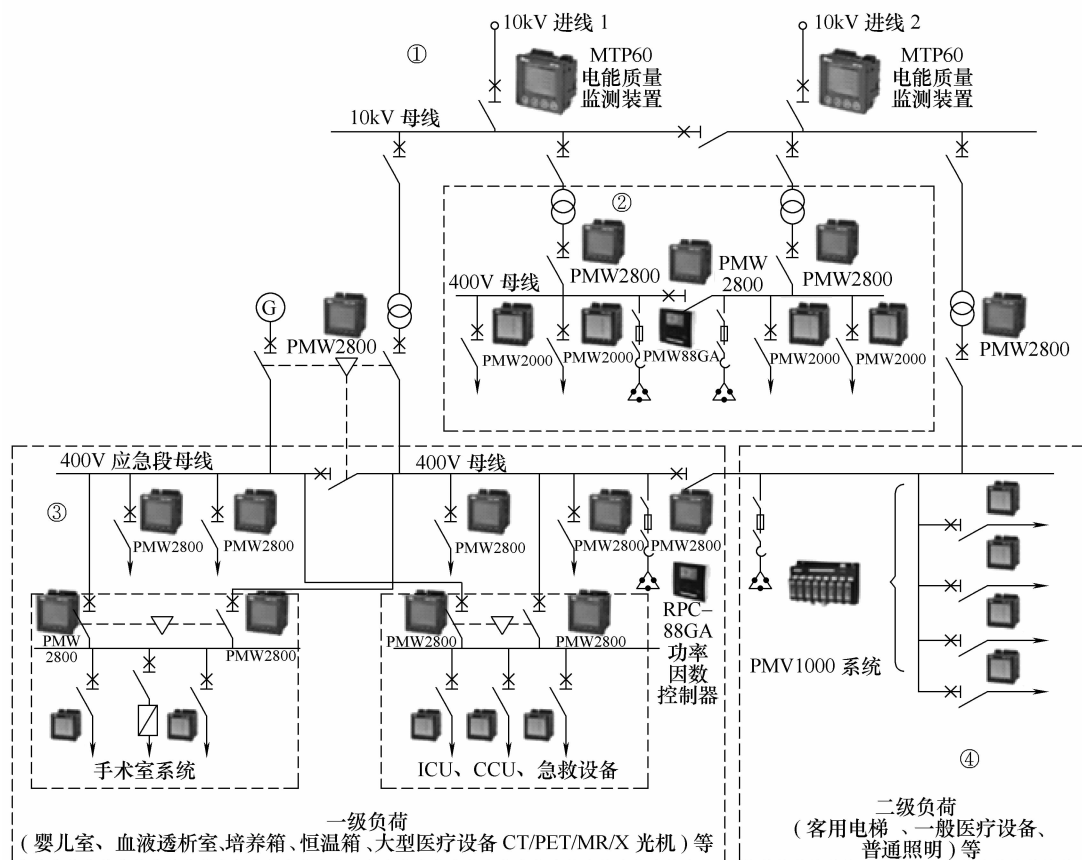


图 1　能源管理系统系统架构图

设置多台服务器。如 Web 服务器、实时/历史数据库服务器以及应用程序服务器等，并装设大型磁盘阵列。数据库服务器负责采集数据的管理，报表的生产、分析、查询等功能；Web 服务器负责网页发布、客户端数据信息查询等功能；应用程序服务器安装博耳多用户能源管理系统专用应用程序。通过客户系统海量数据计算，实现远程诊断、报警和预报警、系统提升方案、能效优化和管理等功能。大型磁盘阵列负责数据保存。所有信息发送可发送至客户端的智能无线通信设备中，改变用户资源管理模式。

（2）通信网络层

采用多种网络形式，如因特网、局域网、3G、GPRS 及电力载波等实现数据的传输及交换，并利用多种技术手段对数据进行加密，保证系统数据的安全性、可靠性。

（3）现场设备层

在监测点安装带通信接口的智能电表、智能开关、传感器等智能测控保护装置，实现对电量数据、开关状态、系统报警、环境数据等的实时采集；再通过有线或无线的网络方式把数据传送至通信管理机；通信管理机实现对所采集的数据进行简单管理，再通过通信网络层与云端的数据处理中心进行数据交换，减轻了数据中心服务器的工作负荷，提高整个系统的工作效率；并可在外网断开的情况下保存重要数据，并在网络恢复后上传这些数据，保证重要数据的完整性。

云端管理技术使得医院可以进行信息化管理和物业有序化，并可完善医院信息化建设短

板监测能耗漏洞，解决跑冒滴漏，最终消除安全隐患、提升服务品质。

5. 系统功能

（1）主要功能

1）系统运营监视和控制；

2）电能质量监视和分析；

3）高精度电能计量；

4）电能消耗统计和分析；

5）可扩展到楼群的能效监测和分析；

6）能源能效展示和 Web 浏览；

7）多系统接入、新能源综合管理和分析；

8）提供不同系统之间的能源利用效率分析；

9）报警和事件管理；

10）历史数据管理；

11）报表管理；

12）用户管理；

13）提供楼宇自控系统、灯光控制系统、电力监控系统监测；

14）实时和历史的能源利用率分析。

（2）能源管理系统针对医院的功能展示（见图 2）

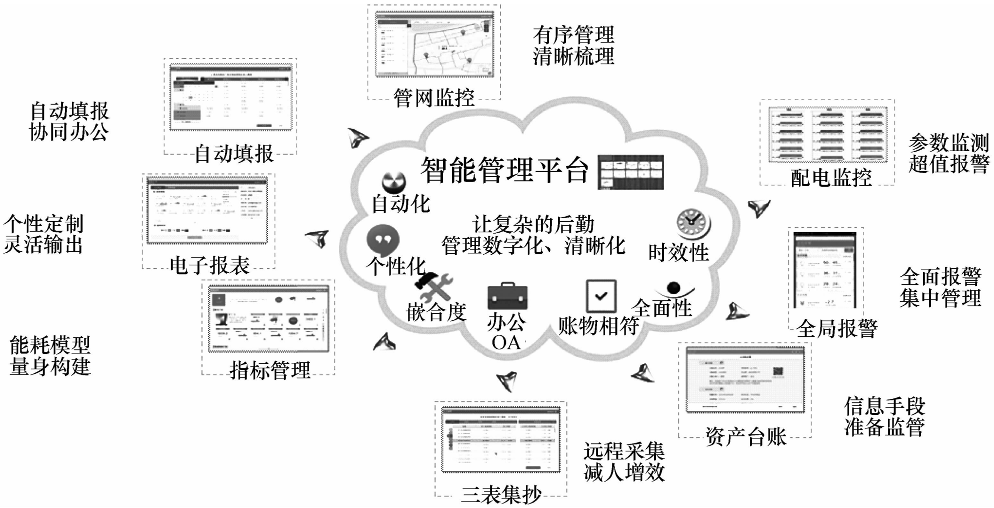


图 2　功能展示图

6. 适合范围及应用情况

以上能源管理系统方案适用于医院、通信、银行、酒店、工业、地铁、大学等行业，可以帮助用户全面、准确、实时监视配电系统运行状况。系统的预警功能有助于减少医疗事故；详细的电能消耗统计分析及故障实时监测有助于加速设备检修，减少停电损失、降低能耗；同时提高管理水平，实现配电系统自能化管理，提高运行效率，使配电系统清晰透明，日常维护工作变得简单。这些都是我们带给客户的改变。

（作者：博耳电力控股有限公司　李翠）

FA45　高校能耗监管信息化系统

（CS53　浙江正泰仪器仪表有限责任公司）

1. 概述

近年来，随着节约高校建设理念的提出，高校能源管理和有效节能已成为高校最重要的话题之一。如何有效地实现对校园各类能耗的采集和监控，进而对采集的能源数据进行统计分析，然后制定出管理部门所需的各种能耗数据报表，从而在能源消耗过程及管理措施上提出改进计划，已成为现阶段各高校能源管理所面临的主要问题。

目前在我国部分高校内存在能耗数据统计粗放、管理不规范、缺乏对能源的科学预测与监管，导致能耗数据不准确，增加了学校节能监管的难度。同时，在校园内能源浪费现象普遍存在，节能形势严峻。究其原因，正是由于缺乏对高校能耗数据的有效监管和控制，理论上缺少能耗数据模型的研究所造成。因此，建设计量准确、运行可靠、功能完善的能耗管系统是实现高校用能科学化管理的迫切需要。

2. 能耗监管系统建设意义

目前在我国，高等院校“水、电、气”等能耗数据的收集与管理大多数还采用人工抄表的管理模式。人工抄表不仅增加了校园能耗管理的难度和工作量，同时存在诸如数据准确度不高、实时性差、延续性差、能耗数据统计分析不准确等问题。水电管理部门也无法实时掌握高校各区域的水电数据及其能耗负荷的变化，从而无法及时做出可行性调整，制定相应的管理制度。而且由于校园内建筑类型多、功能区划分较复杂，更是导致校园能耗管理效率较低、成本较高的原因。

建立能耗监管系统后，管理人员可随时随地感知能耗，从而使水电运行和资产的管理开始逐步由传统经验型向科学技术型转变，对节能减排发挥了巨大作用。同时将影响学校碳排放最大的几项因素，如电力消耗、水电资源消耗等情况集中到全实时化的监测管理平台上来，进行综合分析与管理，从而为学校的“减碳排放”和“低碳发展”，提供了技术基础和平台支持。有效地降低高校能源消费支出和能源管理成本，促进高校的可持续发展。

3. 设计理念和思想

建筑能耗监管系统结构复杂，涉及面广，集数据采集、现场总线、计算机信息处理、图形处理等技术为一体，高度集成。能耗监测平台系统总体设计立足于技术先进性、稳定性、安全性、可靠性、灵活性，各系统功能遵循科学性和实用性，以及软硬件的成熟性，同时兼顾系统未来的扩容需求，确保系统具有较长的生命周期，满足节约型数字化高校长远建设需求。

4. 系统介绍

（1）电能计量管理系统

电能计量管理系统是建立在建筑节能监管系统基础上的子系统之一，主要用于实现对建筑各用电的分类、分项、分户精细化计量、电能数据采集、远程数据传输、后台数据处理、前台查询统计和管理功能。为学校实现用电的实时监测、数据统计分析、用电管理、指标管理、费用结算等提供准确数据依据和必要条件。

系统由监控主站、智能数据网关（能源管理终端）、各级智能电能表、传输通道等组成。系统选用带有远传数据接口（电气接口符合 RS485 或 M-bus 接口规范）的多功能导轨

式电能表实现对建筑用电分项计量。电能计量管理系统远程数据传输网络借用校园内网，现场传输通道采用 RS485 总线方式。其系统架构框图如图 1 所示。

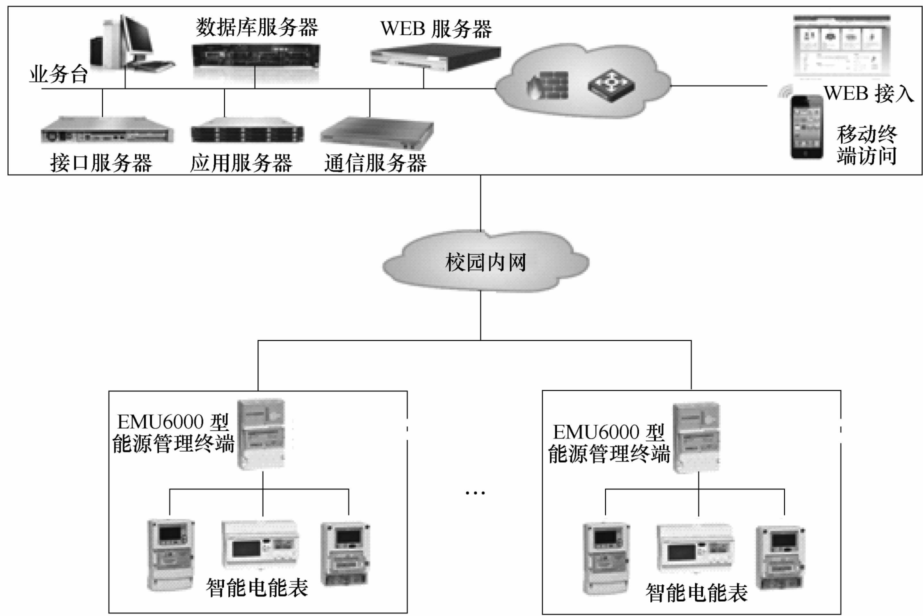


图 1　电能计量监管系统架构

系统功能：

1）用电实时监测：实时在线监测每个电能表的运行参数和动态实时数据，用户可在此界面查询到各电能表每小时或任何时段用电数据和相应分析图表。

2）用电明细查询：提供以用电区域或组织为导航的用电明细查询功能，用户可在功能模块下查询任一时间段内的用电明细。

3）用电报表统计：提供日、月、年用电报表统计功能，实现依据各区域或组织，按用电性质和用电类型划分的日、月、年用电量报表统计功能。报表支持导出和在线打印功能，报表导出支持 Word、Excel、PDF 格式。

4）用电数据分析：对区域或部门的日、月、年用电量进行环比、同比、和趋势分析，提供直观地显示图标（见图 2 和图 3）。

5）用电定额管理：对部门用电进行定额设置和管理，实现按实际需求的用电配置和管理。节能监管模型提供空调、计算机等设备的待机功耗模型，以及不同工作模式下能耗模型的建立和设置，并且绑定到指定的电能表。同时提供设置和查询功能。

6）能源财务报表：提供按各个区域或部门的月用电财务结算报表和年用电财务结算报表，报表支持在线导出和打印。

7）综合信息管理：提供用电属性管理功能和用电综合信息查询功能；提供对故障信息列表、断电信息列表、节能模型预警的查询功能。

8）短信查询：系统可根据设定好的方案每月或每周定时将能耗数据及信息通过短信方式发送至相关管理人员。同时支持能耗信息手动查询，用户可通过手机发送短信方式获取当前实时和累计能耗数据，方便用户及时获取能耗信息。

（2）VRV 空调监控管理系统

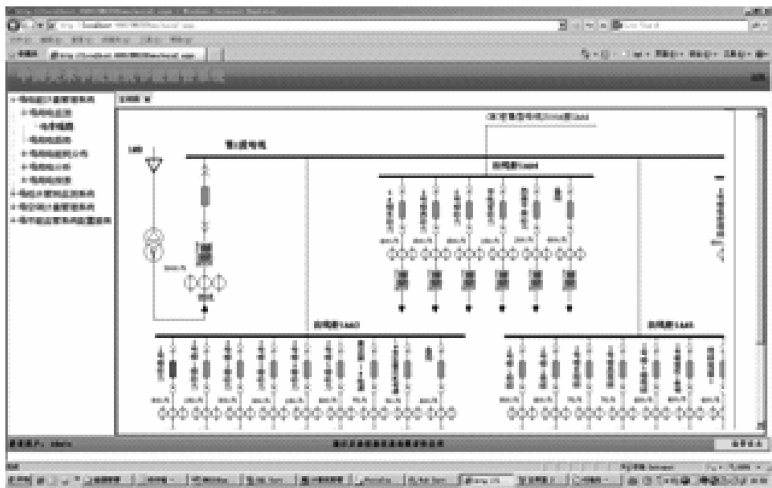


图 2　用电监测

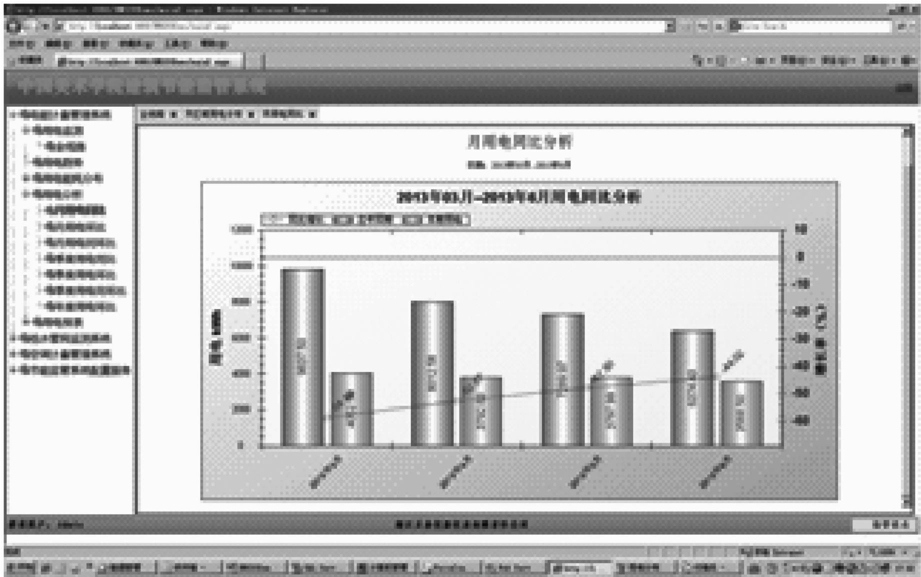


图 3　同比分析

VRV 空调监管系统采用 BACnet 协议网关和专用网关联网方式，采用嵌入式主机管理和控制中央空调末端风机盘管技术。主机根据系统设定的温湿度、时间等管理条件对中央空调风机盘管进行控制。具有温控器状态监测、压缩机运转状态监测、室内风扇运转状态检测、空调机异常信息检测、ON/OFF 控制和监测、温度设定和监测、空调机模式设定和监测（制冷/制热/风扇/自动）、滤网信号监测和复位监测、风向设定和监测、额定风量设定和监测、强迫温控器关机设定和监测、能效设定和设定状态监测等功能。不仅能满足对 VRV 空调系统的集中控制管理要求，而且可以充分利用楼内弱电智能控制管理集成平台与若干弱电系统实现功能联动。

系统主要由监控主站、VRV 空调控制器、风机盘管输出控制模块、传输通道等组成。VRV 末端设备的运行状态通过 BACnet 网关接口上传信号至监控平台，同时监控中心经该网

关接口下传信号（如初始值、控制参数设定等）至末端设备，实现对整个 VRV 空调系统的监管。系统中还可增加 CO_2 传感器、室内有害气体传感器等设备用于监测室内空气环境。其示意图如图 4 所示。

系统功能：

1）监测控制：通过图形界面实时监测中央空调的运行状态和数据信息，同时可对空调进行远程控制等操作，以及提供对内机运行状态的查询和数据分析功能（见图 5 和图 6）。

2）能耗统计及报表：提供对建筑或楼层空调的日、月、年用电量进行统计；支持对任意时间段内空调工作时间用电、非工作时间用电和累计用电情况进行统计，并生成统计报表，报表支持在线导出和打印。同时，具有对空调属性信息的统计功能，如对空调全路径名称、所属区域、所属节能模式信息进行统计等。

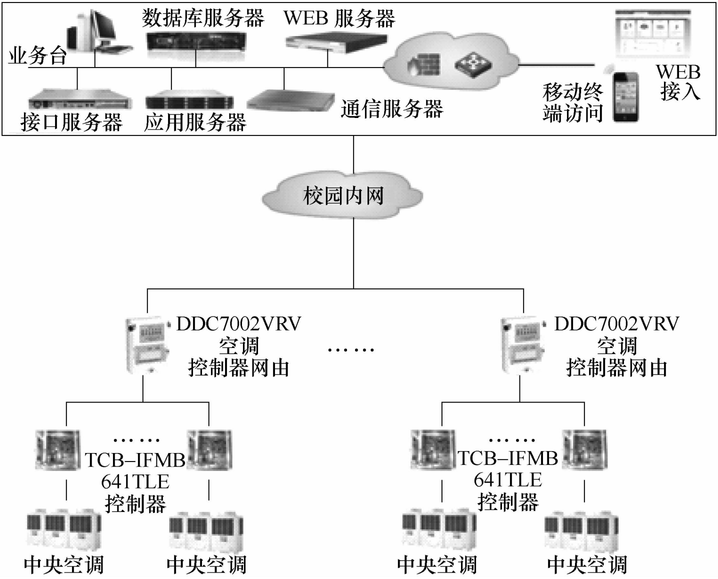


图 4　VRV 空调监管系统架构

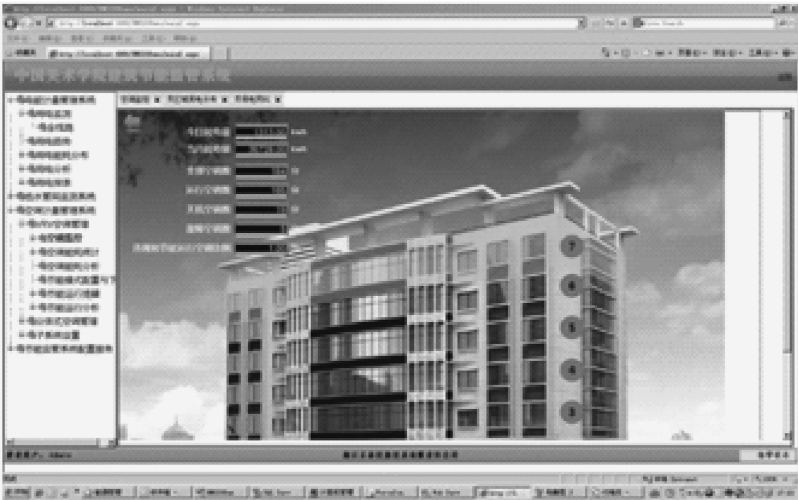


图 5　空调监控图



图 6　空调内机控制

3）能耗分析：提供对建筑或楼层空调的日、月、年用电量的同比、环比、趋势分析功能；支持对空调工作与非工作时间段用电对比柱形图分析。

4）节能策略配置：提供自定义节能模型和策略配置功能，可用于实现对各空调节能模式的配置和管理，如制冷温度下限、制热温度上限、制冷起止期间、制热起止期间、允许开机时间、日用电上限、月用电上限、年用电上限等。

5）节能模式下发：系统提供用于实现对各空调节能模式的下发功能，用户在配置好节能模式后，即可将节能模式与具体空调进行关联后进行下发。下发后，对应的空调即被该节能模式控制，系统也将依据该节能模式实现对该空调的全方位在线节能监测和管理。支持单个空调节能模式下发和批量下发。

6）节能运行提醒：系统可对各空调节能运行情况进行周期巡检，统计违反节能模式的空调信息，以及当前节能预警信息和空调故障信息，并及时通过短信服务进行报警，提醒用户采取相应措施。

7）节能运行分析：支持对单个空调与空调总用能进行分析比较，生成能耗对比分析图，空调所属节能模式，违规空调分布及空调违反的策略进行分析，生成相应分布图或比率图。

（3）分体空调监管系统

该系统由监控主站、智能数据网关（能源管理终端）、空调控制器、中继器及传输信道等组成。主要用于实现对分体空调状态检测、出风控温检测、开关机控制与用电数据分析功能。通过在房间内安装室内节点主机，采用红外遥控技术，实现对普通空调机的遥调、遥控、遥信等无触点控制；在监控平台上设定控制单元空调开启限制（课时表、季节等），并且可以实现智能温控，使空调的设置温度符合国家最新空调温度标准。实现与校园课时表时间对应的空调控制策略，实现在下课时及时关闭空调，在无课的时间段无法开启空调，以达到节能和对分体式空调监测的目的。系统架构框图如图 7 所示。

系统功能：

1）空调运行监视：实时在线监测各空调点的运行状态、温度、空调电耗，并以楼层平面图形式直观、形象地显示现场实际情况。系统支持加载实时天气预报，并在开机时实时播放。

2）空调运行控制：提供对空调的批量和单个空调的开关和通断电控制，并可采取即时、定时、延时控制措施；支持自动控制和手动控制模式；系统对空调控制采取非直接断电方式，

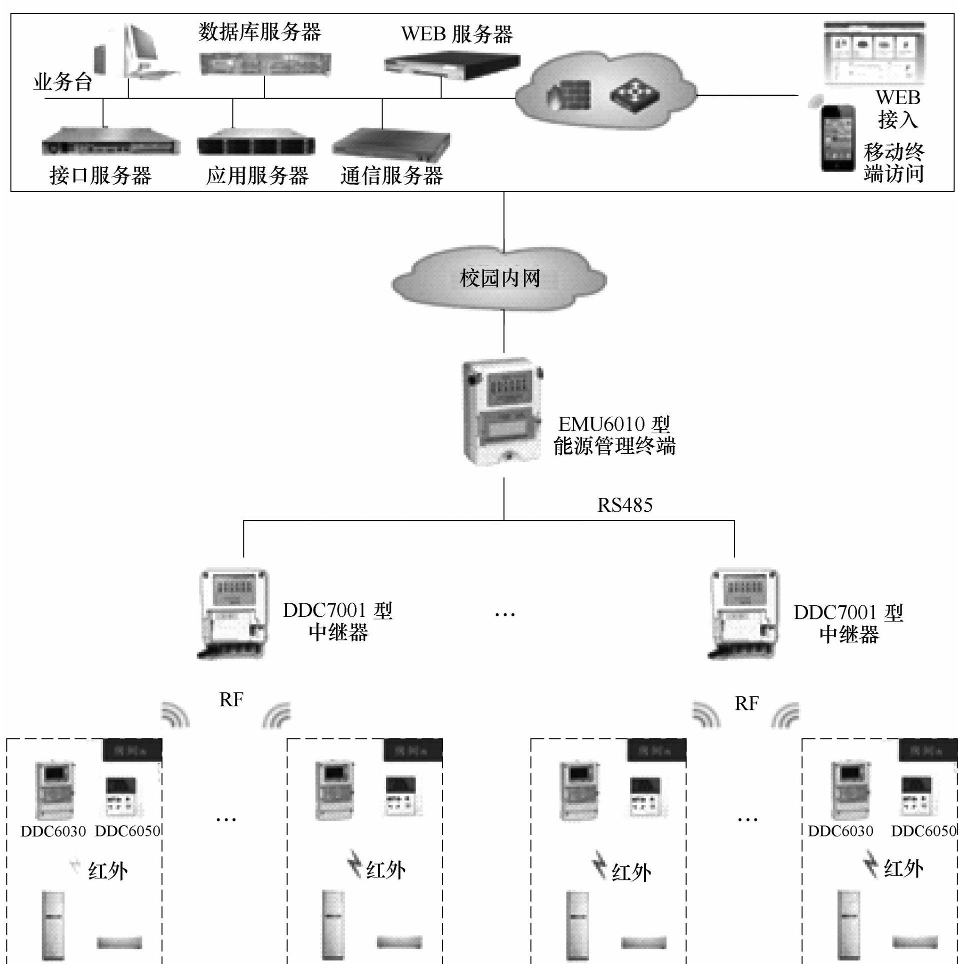


图 7　分体空调监管系统架构

有效保障了空调使用寿命。控制器支持自动脱网运行，确保了空调运行舒适度和安全性。

3）控制策略：教室空调的控制能够与课表结合，可按照课表生成每个教室空调的控制策略，实现有课有空调，无课关空调的自动管理模式；支持多时段控制模式管理空调；支持温度 + 时段控制模式控制；提供灵活的手动策略配置功能，以适应讲座、会议、考试等各种情况。

4）事件侦测及消息预警：实时监测系统内空调运行状态，在状态发生变化时及时在系统界面进行提醒；当系统或设备发生问题时，管理员可通过 email、手机短信通知相关人员，确保及时获取和处理故障。

5）空调综合监管：对分体空调实现分项计量，实现空调能耗统计等功能，并生成相应数据报表；提供空调历史运行的数据变化规律，运行温度、运行时间的变化趋势对比功能，并以图表直观显示。

其他功能：

在设定的正常工作时间段结束后，如果还需使用空调，可通过触发命令使空调延时关闭，延时时间值可根据实际情况设定。系统可提供不同级别的控制管理权限，不同的控制管理权限只限于对应设定的某些功能的操作。

（4）给水管网监管系统

给水管网监管系统主要由监管系统主站、智能数据网关（能源管理终端）、各级智能计量水表、传输通道等组成。系统选用带有远传数据接口（电气接口符合 RS485 或 M-bus 接口规范）智能远传水表实现校园各级用水计量，系统远程数据传输网络借用校园内网，现场传输通道采用 RS485 总线方式。该系统可实现对校园用水数据的水平衡分析、用水漏失分析和用水异常情况识别等，及时发现和有效杜绝给水管网用水的跑、冒、滴、漏现象，极大地提高水资源使用效率和用水管理水平，节省了用水成本。其架构图如图 8 所示。

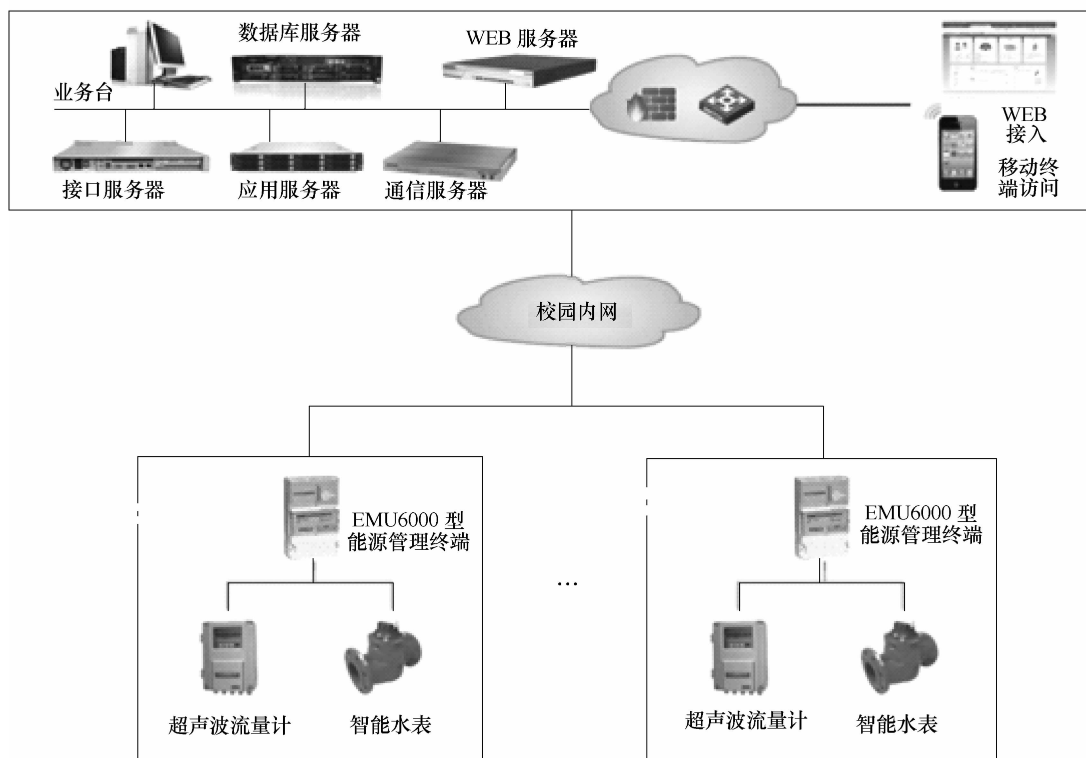


图 8　给水管网监管系统架构

系统功能：

1）水表实时监控：实时在线监测系统内水表的运行参数和动态实时数据，用户可在此界面查询到各水表每小时或任何时段用水数据和相应分析图表。

2）用水明细查询：提供以用水区域或组织为导航的用水明细查询功能，用户可在功能模块下查询任一时间段内的用水明细。

3）用水报表统计：提供日、月、年用水报表统计功能，实现依据各区域或组织，按用水性质和用水类型划分的日、月、年用水量报表统计功能。报表支持导出和在线打印功能，报表导出支持 Word、Excel、PDF 格式。

4）用水数据分析：对区域或部门的日、月、年用电量进行环比、同比和趋势分析，提供直观地显示图标。

5）用水财务报表：提供按各个区域或部门的月用水财务结算报表和年用水财务结算报表，报表支持在线导出和打印。

6）管网漏水分析及预警：提供水平衡分析和用水异常情况识别功能，并实时计算漏水

点每小时漏失量；提供短信预警功能，实现管网漏水与短信联动报警功能。

7）综合信息管理：提供用水属性管理功能和用水综合信息（排名等）查询功能；提供对故障信息列表、断水信息列表的查询。

8）短信查询：每月或每周定时将能耗数据及信息通过短信方式发送至相关管理人员。同时支持能耗信息手动查询，用户可通过手机发送短信方式获取当前实时和累计能耗数据，方便用户及时获取能耗信息。

5. 系统关键设备和技术性能指标

（1）EMU6000 型能源管理终端

EMU6000 型能源管理终端是正泰建筑节能监管系统中的重要智能管理设备，主要用于负责采集并管理各类智能仪表的用能信息（水、电、气等）、与系统主站通信、执行系统控制方案、为系统提供基础数据等。产品适用于公用建筑（工矿企业、事业单位、政府机关、学校、宾馆、商场等建筑）内用能（水、电、气等）设备节能的建筑节能监管系统；也可用于楼宇智能化建设，通过标准 OPC 接口接入 BA 等智能化系统。

主要技术参数和指标：

1）工作温度：－25～70℃，相对湿度：≤95%。

2）存储容量：256MB FLASH。

3）整机功耗：视在功耗≤10VA，有功功耗≤7W。

4）数据接口：1 路 RJ45 口，遵循 Ethernet 数据传输协议标准，10/100Mbit/s 自适应；4 路独立可配置的 RS485 采集接口。其中 1 路可配置为 M-BS 总线接口，1 路可以配置成 Lonworks 双绞线或电力线载波接口；符合 RS485 电气接口协议，每条总线最多可连接 32 台（64 台可选）计量仪表；1 路 USB2.0 Host 接口。

5）平均无故障时间（MTBF）≥10000h。

（2）DDC6050 型分体式空调控制器（壁挂式）

该设备主要用于实现对分体空调状态检测、温度检测、开关机控制与用电数据分析。在监控平台上设定空调开启限制（课时表、季节等），并且可以实现智能温控，使空调的设置温度符合国家最新空调温度标准。实现与校园课时表相对应的空调控制策略，实现在下课时及时关闭空调，无课时无法开启空调，以达到对分体式空调监测和节能的目的。

该产品可用于公用建筑（工矿企业、事业单位、政府机关、学校、宾馆、商场等建筑）内各类空调的控制，也可用于普通居民的楼宇智能化建设。

主要技术参数和指标：

1）工作电压：AC220V；

2）整机功耗：视在功耗≤6VA，有功功耗≤3W；

3）计时准确度：±5s/d；

4）负载电流：20A；

5）数据通信：无线或载波；

6）无线通信距离：≥200m，空旷可达 500m 以上；

7）通信协议：DL/T645-2007、Modbus 协议。

6. 结束语

正泰能耗监管系统采用现场总线技术、采集技术，结合高校校园网、无线物联网实现对高校的水、电、气能耗的全方位实时在线监控和管理，以及对空调的智能管理和控制；建立

了校园能耗平衡管理和节能管理体系，实现了对能耗的指标化、量化、智能化管理；系统提供了详细的数据报表，同时提供有效的分析手段和节能措施，指导和实现能源的合理配置和有效利用。

该系统技术先进、产品成熟，具有较高的稳定性、实用性和可操作性，节能效果显著，完全满足我国高校能耗监管系统建设需求和国家相关政策。

（作者：浙江正泰仪器仪表有限责任公司　付海兵　刘宏广）

FA46　基于连锁经营模式的能源管理系统

（CS10　博耳电力控股有限公司）

1. 概述

连锁经营在全球的发展方兴未艾，中国连锁业也以超常规的发展速度涵盖了国民经济的诸多领域，尤其在服务业呈现跳跃式的发展。同时，借助于品牌化的产品和服务，通过规范化的管理，国内连锁企业正日益走向成熟和壮大。

社会主义市场经济的不断发展，客观上要求企业必须强化成本管理。通过加强成本控制来改善企业的内部经营管理，从而保证企业在市场竞争中取得优势。然而，比起单体经营的独立店，连锁企业作为多分支机构的企业或多企业的联合体，要付出更高的管理费用。

本文提出的“基于连锁经营模式的能源管理系统”解决方案，是博耳电力控股有限公司根据当前的电能管理需求提供给用户的一个完整的能源管理解决方案，用以提高连锁企业的运行管理水平，减少连锁企业运行管理费用。

2. 能源管理系统功能概要及实现手段

以实际能耗数据为基础对连锁门店的现有用能状况进行分析，可进一步对空调系统、照明插座系统等进行能耗分析，做出相应节能诊断，得出切实可行的节能办法，包括管理节能、技术节能和公示行为节能，降低连锁门店的能源消耗，提高连锁门店的运行管理水平，减少连锁门店的运行管理费用（见图1）。

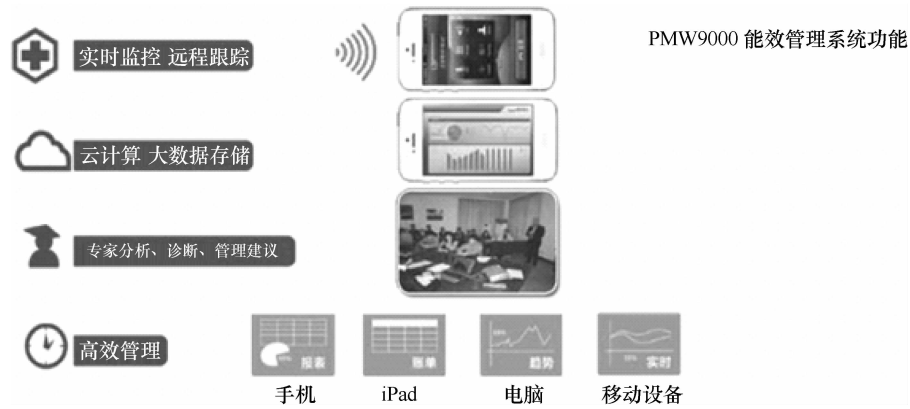


图1　能源管理系统示意图

3. 能源管理系统的结构

PMW9000 系统网络拓扑图如图 2 所示。

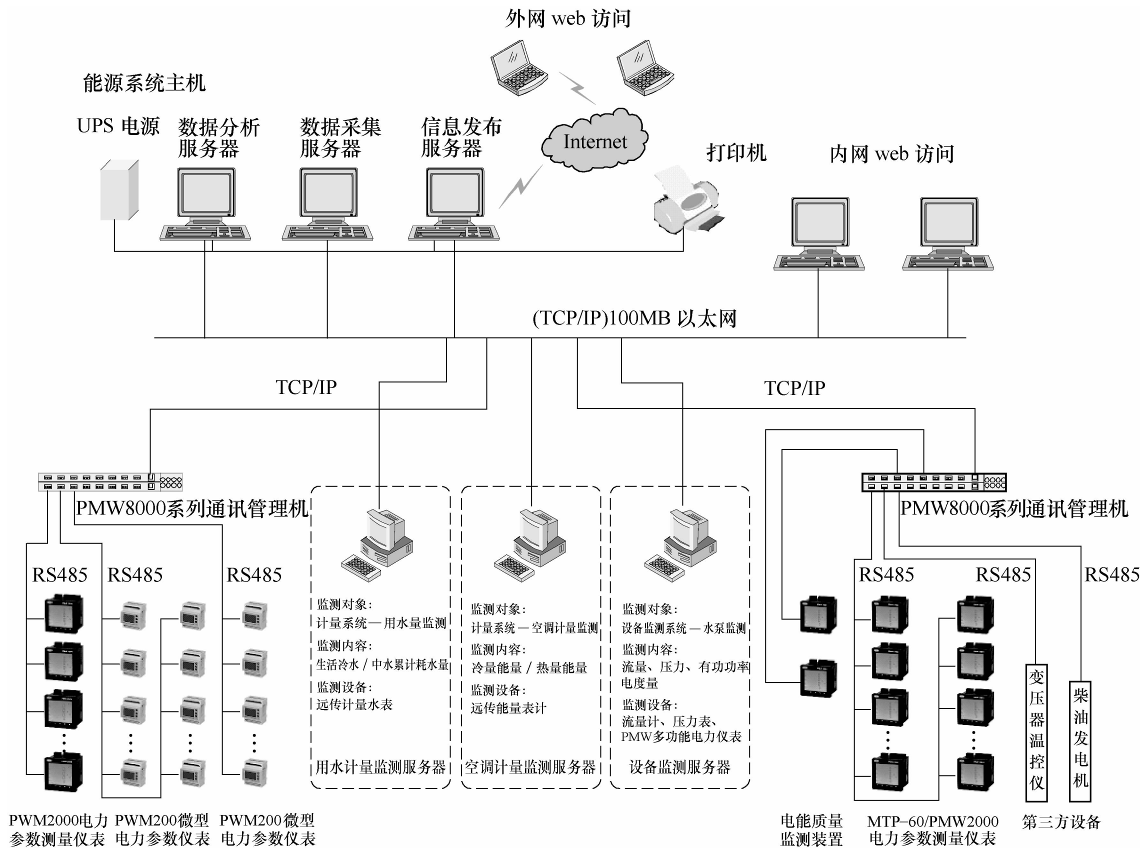


图 2　PMW9000 系统网络拓扑图

4. 能源管理的关键实施步骤

（1）划分能分项

根据企业的实际情况，确定的数据采集原则为，对未来节能工作有意义的用电支路（包含空调、新风机、电梯、信息机房、照明、插座、办公设备）进行重点计量，针对节能潜力不大的非常用支路进行选择性计量。依据以上原则，在低压配电房选择相关强电支路为计量支路。经过数据采集和数据分析，最终形成以下能耗分项。

（2）实时监测分项电耗

通过远传采集器将企业内所有计量支路数据传输给数据管理中心，建立企业能耗数据库，在服务器软件上对企业实时进行能耗统计、分析和管理，通过系统软件的各种分析比较和公示效果，提高企业的能耗管理水平。

（3）能耗分析和诊断

通过分项计量系统采集的数据，我们可以对大楼的各个用电系统进行节能诊断。分析各用电系统占总能耗的比例；各用电系统中不同设备的用电比例；空调系统的单位面积能耗、冷机效率、冷冻水效率、冷却水效率；照明系统工作日和周末的用电比率，工作日白天和晚

上的用电比率；电开水器等办公设备的白天和晚上的用电比率。

（4）能耗公示

数据中心可以对所有建筑数据进行分类、用能排名，并且对各建筑能耗进行横向对比，通过大屏幕或能耗报告形式发布各建筑用能信息状态，对企业建筑可以起到能耗公示效应，提高行为节能管理。

5. 能源管理系统中的关键技术

（1）数据采集

数据采集是整个分项计量节能管理系统工作的基础，数据采集部分的核心内容在于以下两个方面：

1）以未来节能分析和管理工作的需要为出发点，确定计量分项的基本原则，有选择性对部分用电支路的用电情况进行数据采集计量。

2）保证数据采集工作所得数据的正确性。这需要设计和实行有效的校核方式来保证，即确认所装计量表的数据意义是否与设计时目标相同。

（2）数据远传技术

分项计量系统数据远传环节的目的是实时的将各建筑中电表的数据通过网络媒介传送到监管中心的集数据库中。远传系统主要分为数据采集终端网络（位于各建筑内）、网络媒介、监管中心网络三部分，终端网络负责采集监控本地所有计量仪表的数据，网络媒介负责将数据传输到远地的数据中心，监管中心网络则保证采集数据的接收及未来平台应用所需的带宽。系统原理图如图 3 所示。

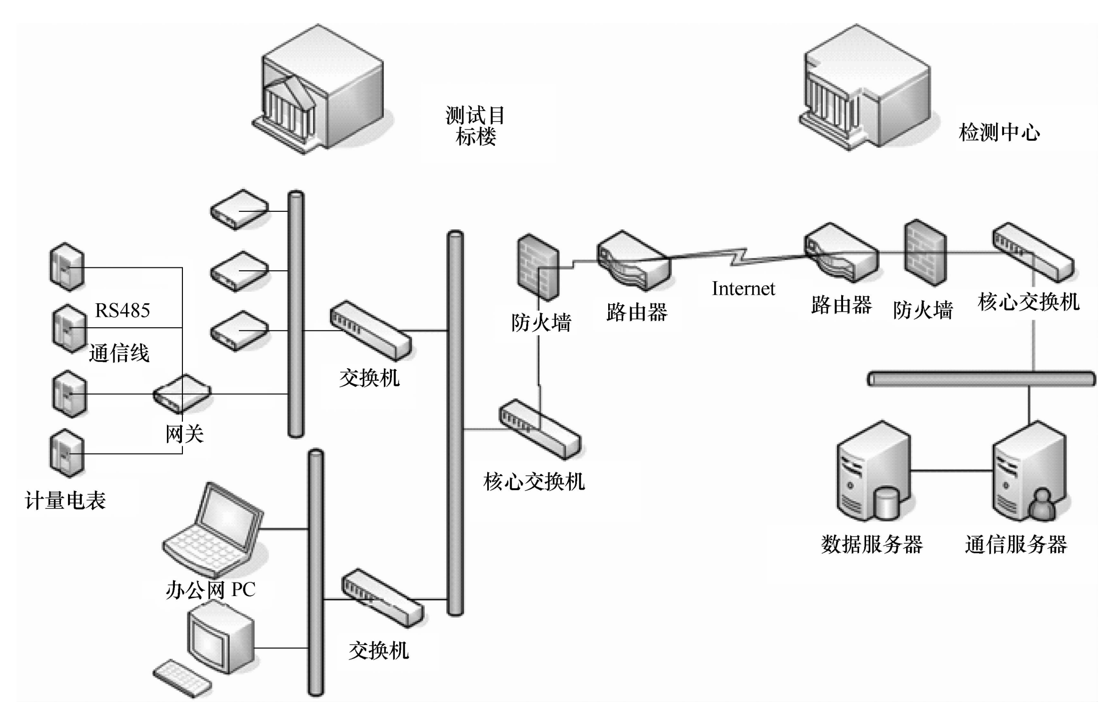


图 3　系统原理图

当然建筑内可以在合适的公众场合安装一大屏幕，进行建筑能耗实时数据公示，或者对企业所属各个建筑能耗情况进行对比公示，这样能极大地提高无形的管理效力，提高工作人员的自觉意识，最终形成良好的用能习惯，起到行为节能的效果。

（3）“慧云”软件的组成及功能

“慧云”系统具备能耗监测、分项/分户计量、节能诊断、财务分析、打印报表等多种功能，是一个基于大量数据与完整商业模式相结合的可实现方案。“慧云”能耗服务平台提供8大系统功能模块，更加透彻的了解建筑当前用能现状，更加方便管理建筑的用能策略。

1）设备管理功能：展示建筑物内各个设备能耗的数值、趋势、排名及比例关系。

2）分户计量功能：管理和统计各分户或分区的能耗信息、物业信息及收费情况。

3）实时参数功能：分析建筑物内各项能源的费用组成，特别是电费的主要构成。

4）报表打印功能：打印设备能耗、分户计费、物业服务、节能管理、财务分析等报表。

5）节能诊断功能：（网络功能）周期性诊断设备集用能漏洞，检测及记录设备用能问题，生成各级报告。

6）节能足迹功能：（网络功能）记录、核算、分析和展示历次节能工作的进展及成果。科学化评价节能工作。

7）新闻搜索功能：（网络功能）提供专业领域的垂直搜索引擎、节能技术及政策的最新动态及天气预报服务。

下面通过图片的方式更直观地展示“慧云”系统的显示界面。

系统的每个界面都包含了大量的信息，包括建筑的基本状况、实时参数（实时用电量、总量、尖峰捕捉等）、缴费信息、设备能耗信息、用能子用户信息等，业主可以在一个软件内了解多种数据，实现一站式管理（见图4和图5）。



图4　实时电耗显示界面之一

此外，系统页面内提供了多种比较功能，包括用能数据的排序、不同时间不同分项的比较、相关联设备的比较、节能潜力的比较等，使业主可以通过多种途径发现能耗漏洞（见

图 6 和图 7）。

界面友好，符合物业人员的工作习惯，并可以在多种功能间随意切换；提供多种服务，包括报表打印、网络诊断等（见图 8 和图 9）。

6. 结束语

博耳电力的能源系统通过对连锁企业各门店的耗能进行管理，强化节能意识，优化管理行为，控制运营成本。我国 1400 家的麦当劳门店经采用博耳电力能源管理系统，在 3 年投资回报期内，减少能耗 15% ~20% 。



图 5 实时电耗显示界面之二



图 6 能耗曲线比较



图 7　用电峰值记录



图 8　物业管理界面

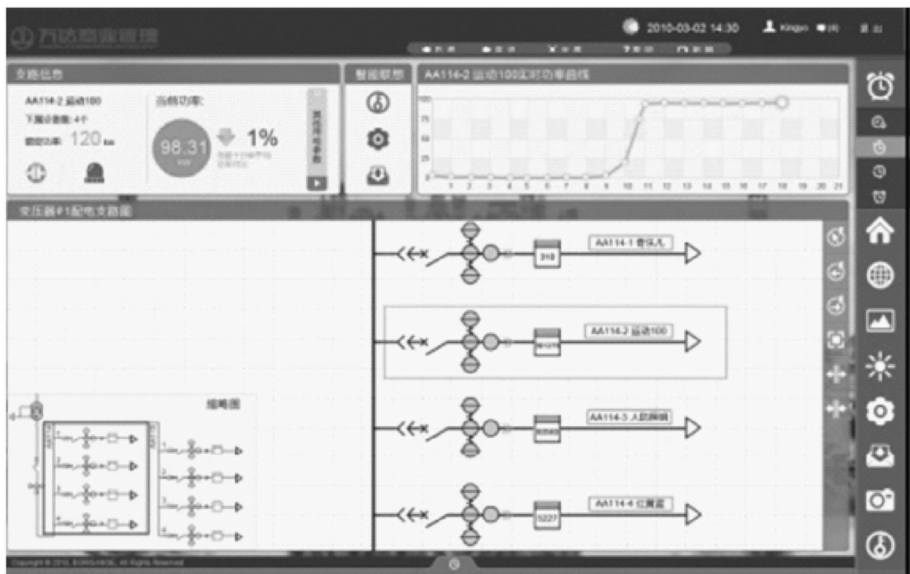


图 9　电力监控界面

（作者：博耳电力控股有限公司　沈艳）

2.11　需求侧管理与需求响应

FA47　电力需求侧管理系统

（CS54　中创立方能源技术（北京）有限公司）

1. 概述

电力工业是国民经济和社会发展的重要基础产业。为了实现削减系统峰值负荷和推迟电网升级投资的目标，缓解电力需求紧张局面，在电力系统中引入需求侧响应技术，同时结合分布式能源利用技术、储能技术以及智能楼宇控制技术，将供应侧的资源和需求侧的资源作为一个整体来规划，是适应电力工业发展的必然要求。

1）需求响应有利于保证电力系统的稳定、可靠运行；

2）需求响应有利于降低系统运行成本，优化社会资源配置；

3）需求响应为分布式能源系统的有效集成提供了机会。

建筑用电需求侧响应是实现电网需求侧管理最具潜力的方向之一。建筑作为三大用电用户（交通、建筑、制造业）之一，在响应电网调度方面具有巨大的调节能力（可有效减少 15% ~ 30% 的峰值负荷），且相对于采用电池以及其他储能设备来说，系统改造成本低，实现响应电网调度需求更为容易。通过电网公司、能源服务公司、建筑电力用户等共同协力，提高终端用电效率和改变用电方式，在满足同样用电功能的同时减少电量消耗和电力需求，从而达到节约资源和保护环境的目标，提供社会效益最优、各方受益、成本最低的能源服务。

2. 系统组成

我们的电力需求侧管理系统是基于 Internet/Intranet 应用的集成管理，解决了不同厂商、不同建筑子系统、不同操作系统和不同传输协议之间的异构互连问题，建立起一个支持网络通信和远程数据库连接，具有良好开发环境的软、硬件系统的一体化集成环境，从而实现了建筑的供能、储能、用能三大系统的有效集成，实现各功能子系统之间的信息互联互通，进而实现各功能子系统之间的快速响应和联动控制。这样不仅为建筑的能源管理提供了一个系统平台，同时也为电力用户与电网企业之间的快速互动构建了平台，在实现建筑能源的优化管理的同时，为电力系统的稳定、可靠运行提供有力保障。其系统架构图与应用架构示意图如图 1 和图 2 所示。

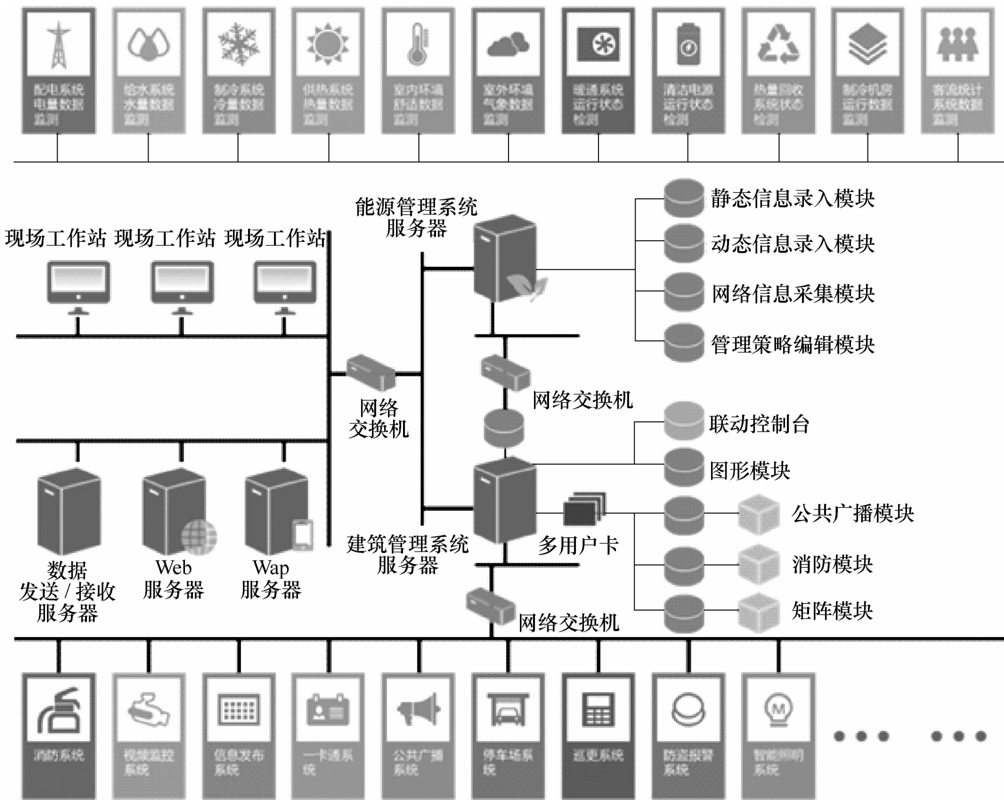


图 1　电力需求侧管理系统架构图

3. 系统功能

我们的电力需求侧管理系统，属于建筑智能化系统的最高级监控与管理层，是智能建筑系统的核心。它通过分布式网络将各个子系统集成到同一个计算机支撑平台上，建立起整个建筑物的中央监控与管理平台（一个具有可视化的、统一的图形窗口界面的软件平台），实现各功能子系统之间的信息互联互通以及综合管控。通过系统的图形窗口界面，系统管理员可以十分方便、快捷地对建筑内被集成的各功能子系统以及相应的下层功能系统实施监视、控制和管理等建筑运行管理的功能；同时管理者可以通过该平台实现了解建筑能源系统运行状况的信息（如建筑整体、系统、设备能耗、区域能耗，系统、设备性能水平，故障报警等），实现建筑的能源管理功能。另外，管理者可以通过该平台实现与电网企业的互动，为维持电网的稳定、可靠运行做出贡献，同时也可获得相应的收益。系统功能图如图 3 所示。

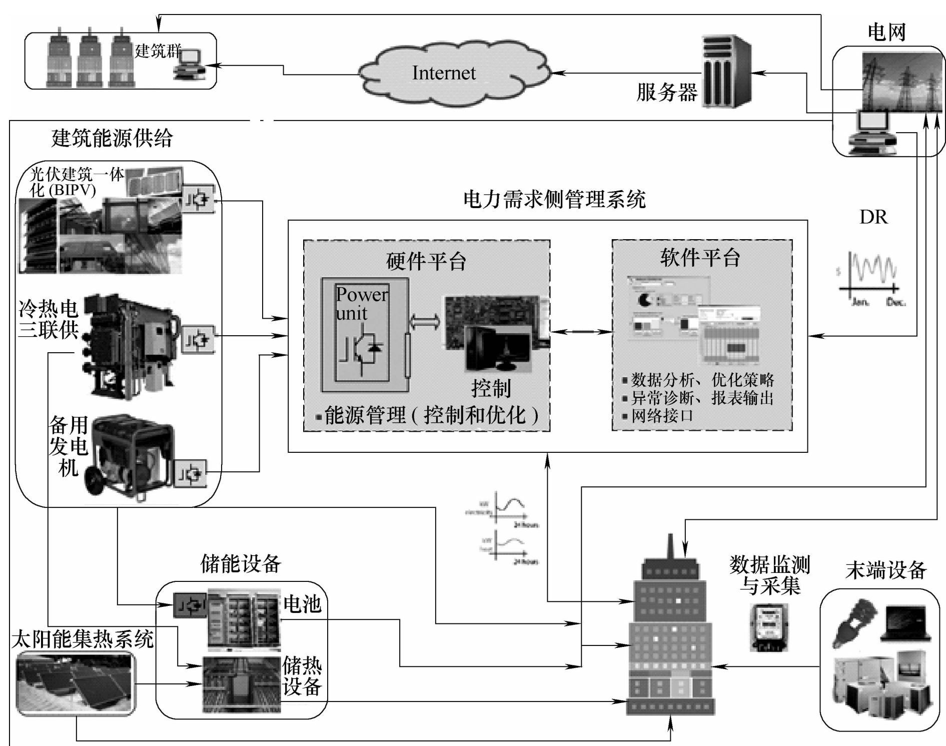


图 2　电力需求侧管理系统应用架构示意图

（1）设备及用能监测

监测重要用能设备（冷机、空调机组、照明系统等）的运行状态；以全息图的方式监测建筑的空间用能情况。

（2）能耗统计及能效分析

分时间尺度的建筑总能耗、分项能耗实时数据统计，分时间尺度的建筑能耗实时与历史数据对比；能源消耗指标、系统性能指标、设备性能指标的分析。

（3）负荷分析预测

建筑整体及系统分项的实时监测负荷，与基于人工智能的建筑负荷预测的对比分析展示，提前预警建筑负荷高峰时段。

（4）电力需求响应事件管理

接收电网侧负荷调节信号，配置不同信号的系统调控策略和模式，记录分析用户执行电力需求响应过程的负荷变化及策略信息等，实现电力用户快速自动响应电网需求调度。

4. 适用范围

本系统主要用于建筑电力用户对建筑执行能耗量化管理以及效果评估，实现用户侧与电网侧的互动。本系统适用于所有建筑电力用户（智能住宅、智能楼宇、智能小区、工业企业等），同时也可用于对设备的监控管理。

5. 实际应用情况

本系统是基于“2013 年北京市海淀区重大联合攻关项目”开发完成的，目前处于示范应用阶段。

运行监测

能耗统计

能效分析

负荷分析预测

电力需求响应事件管理

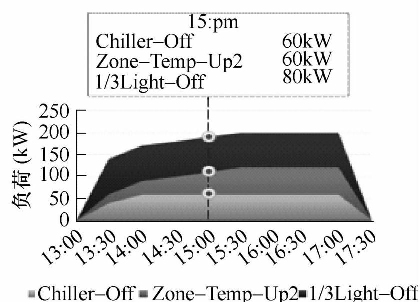


图 3　系统功能示意图

（作者：中创立方能源技术（北京）有限公司　常晓敏）

FA48　智能建筑用户端需求响应控制系统

（CS58　珠海派诺科技股份有限公司）

伴随着智能电网的大力建设，推进建筑节能是缓解我国能源供求紧张状况的有效途径之一。大型公共建筑耗能占国民能耗总值的 30% 以上，发展基于用户端需求响应控制的智能建筑，可以大幅提高智能建筑的用电效率，改变用电方式，优化资源配置，节约成本，为建筑的节能降耗提供强有力的技术支持。

1. 概述

目前电力用户在区域发展中面临如下问题：一方面由于负荷需求的提高，电力系统运行不能满足 N-1 的运行模式，需要加建变电站；另一方面，由于整个区域的变压器容载比还很大，按照标准不能添加设备，因此就造成了区域最大负荷与设备利用率之间的矛盾，而这种矛盾正是由于地方局部负荷发展过快与整体负荷水平偏低造成。

为了缓解需求紧张都是采用整条线拉闸限电的方式，后来虽然进行了方案优化，但还是基于用户进行整户停电的方法。通过上述限电方式，虽然可以达到削减电力峰值负荷的效果，但并未考虑用户的用电特性以及用电负荷之间的区别，可能会因用电中断导致危险情况的发生。建筑中根据用电设备的功能和重要程度，可以将用电负荷分为可中断负荷和不可中断负荷。不可中断负荷的安全级别最高，一旦中断将会影响建筑的安全运行。所以，在建筑负荷峰值调整的需求下，现有用电管理方式已不能完全解决上述问题，应该结合建筑用户本身实际用能情况，实行智能建筑用户端需求响应控制系统解决方案。

2. 系统组成

智能建筑用户端需求响应控制系统是部署在用户需求侧管理的一个重要构成模块，通过它可以实现对用户侧能源数据的自动采集、存储、传输，并通过预先设定的场景模式对用户可调整负荷进行控制或运行策略建议，同时还将实现与电力管理部门的系统软件进行数据对接，接收控制指令，上传能源数据。用户端需求响应控制系统在建筑用户侧互动方案中根据用户要求，投入或退出运行，根据用户的具体需求进行启停，实现业主自主操控。

从图 1 中可以看出，通过用户端需求响应控制系统，可以提供供电部门和建筑用户之间信息的双向交互，供电部门可以进行定时信息发布、价格调整、紧急指示，以及负荷控制指令的下发，并根据用户侧上传的用电信息来进行用户的用电监测和能效分析，从而实现与用户的远程互动；另一方面，建筑用户可以实时上传用电量信息，并根据供电部门下发的政策信息和控制指令执行控制策略，根据自身需要查询其用电状况、电价电费、能效分析等信息，快速响应市场及供电部门的电力需求。

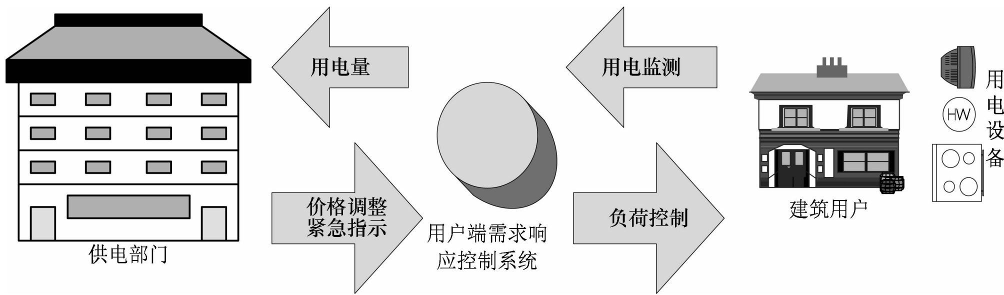


图 1　智能建筑用户端需求响应控制系统系统图

3. 系统功能

由图 2 中可看出，用户端需求响应控制系统主要包括人机交互、配置参数库、历史数据库、实时数据库、数据采集、加密/解密、协议解析和调峰指令功能模块。具体实现功能如下：

1）设备用电信息实时数据及历史数据的显示统计；

2）当实测负荷超过对应时段计划负荷值的预警或告警值且维持一段时间时，触发预警或告警事件；

3）接收有序用电主站平台下发的切负荷指令；

4）预警时系统提示需要切除操作的负荷列表及负荷切除策略，由用户手动确认操作；

5）告警时自动切除可以自动切除的可中断的负荷，并通知用户；

6）具有短信下发功能；

7）根据用户需求投入/退出运行，用户可以自主操控。

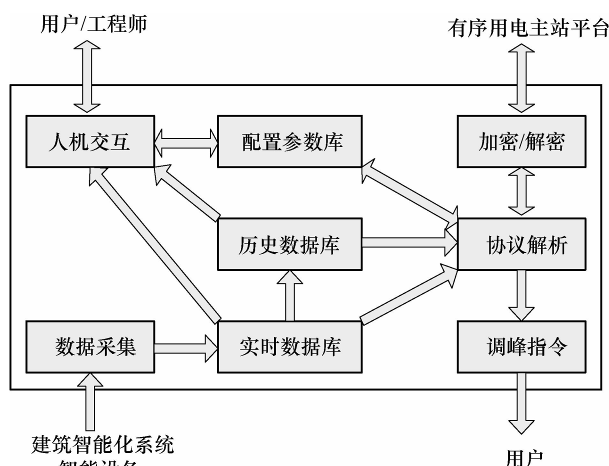


图 2　系统功能结构示意图

4. 系统通信架构

图 3 所示为智能建筑用户端需求响应控制系统的通信架构图。系统采用 B/S 架构，支持 ModBus-TCP/RTU 采集与控制各种智能装置，支持 OPC 协议进行采集与控制建筑自动化系统，采用 104 协议和 OPC 协议进行协议解析。用户端需求响应控制系统与有序用电主站平台之间可以通过光纤、互联网、GPRS 或 CDMA 进行通信。

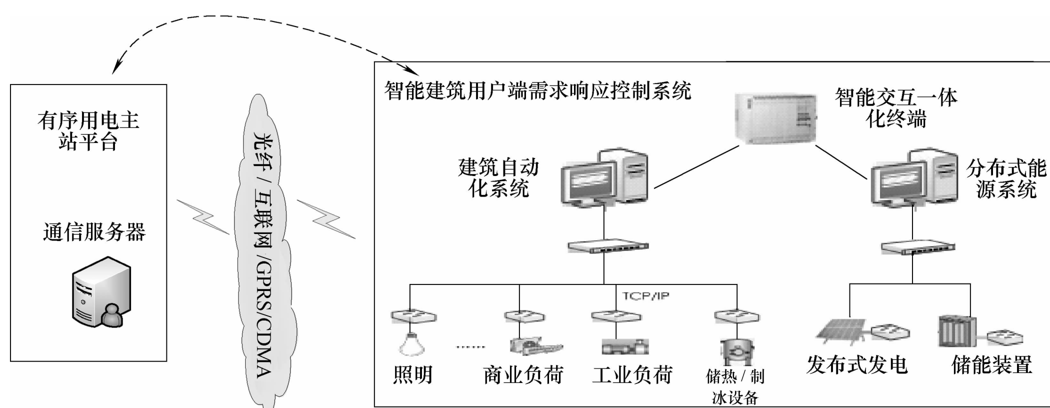


图 3　系统通信架构图

5. 关键设备描述

（1）网络控制器

为实现所有设备层各种装置组网，采用我公司的 PMAC3204/PMAC3208 通信管理机实现该功能。主要特性包括：提供 4/8 路下行 RS232 通信接口；支持 MODBUS、DNP、101、103、CDT 等三十余种通信协议；可进行现场编程；提供 2 路 RJ45 网络接口，采用 TCP/IP 封包；支持 MODBUS-TCP 和 104-TCP 协议转发；支持环网数据传输；向上提供开放数据库，便于网络访问。

（2）三相多功能电力监控终端

设备主要特性包括：实时监控电压、电流、有功功率、无功功率及谐波分量；支持需量计算和复费率统计功能；大屏幕液晶显示；可扩展的 I/O 控制模块，支持多路开关量输入和继电器输出，支持越限报警；一路 RS485 通信接口，支持 MODBUS-RTU 通信协议；事件记录功能，100 条记录深度，时间分辨率为 1ms，可提供内部时钟；关键数据内部保存十年以上。

6. 适用范围及示范应用

用户端需求响应控制系统解决方案主要应用于大型公共建筑，是电力系统部署用户需求侧管理的一个重要途径。通过该解决方案可以实现对用户侧能源数据的自动采集、存储、传输，并通过预先设定的场景模式对用户可调整负荷进行控制或运行策略建议。

用户端需求响应控制系统已经在中国电力科学研究院、深圳供电局和珠海供电局项目中实施并进行示范应用。在项目实施过程中能够形成可批量推广的用户端需求响应控制系统生产线，充分发挥项目的示范作用，批量生产，把项目结果推广到全国大型公共建筑领域。

（作者：珠海派诺科技股份有限公司　刘岩）

2.12　微电网系统

FA49　分布式能源的离网与并网系统

（CS56　中科恒源科技股份有限公司）

1. 概述

分布式能源以其低损耗、无污染、规模灵活、安全可靠、维护简单等优点在能源领域异军突起，尤其是基于可再生能源的风、光分布式发电技术，近年来各种政策文件的出台足见其日益明显的重要地位。随着电力体制改革的发展，分布式能源将与现有电力系统结合形成一个高效、灵活的能源体系，从而提高整个社会的能源利用率和用电的稳定性、可靠性与可持续性。

根据国家能源发展规划，“十二五”期间将以加快转变能源发展方式为主线，规划能源技术的研发和应用，解决有限能源和资源的约束，着力提高能源资源开发、转化和利用效率，充分利用可再生能源，推动能源生产和利用方式的变革。因此，分布式发电站将成为未来发展的重点，深入研究分布式发电具有重要意义。

本解决方案中的智能型风光互补路灯及屋顶光伏电站，分别属于典型的离网和并网分布式能源系统解决方案，具有先进的科学性和广泛的应用型。

2. 分布式能源离网系统

（1）系统组成及功能

智能型风光互补路灯是自成体系的独立发电系统，它由发电单元、储能单元、用电单元以及远程管理单元构成（见图1）。

1）发电单元：发电单元是由控制器、风力发电机及太阳能组件构成，将风能、光能转化成电能。具备了风能和太阳能产品的双重优点，充分利用了太阳能与风能在季节、时间和地域上的互补性，大幅提升了系统的稳定性和可靠性。

2）储能单元：储能单元是控制器将采集的风能、太阳能转化的电能储存下来的单元，为系统所需提供足够的电量储备，主要储能部件为蓄电池。

3）用电单元：用电单元是在智能控制器指令下，按指定需求进行运行的负荷，风光互补路灯系统中用电单元为LED灯具。

4）远程管理单元：远程管理单元涉及无线通信、远程管理、互联网传输、计算机技

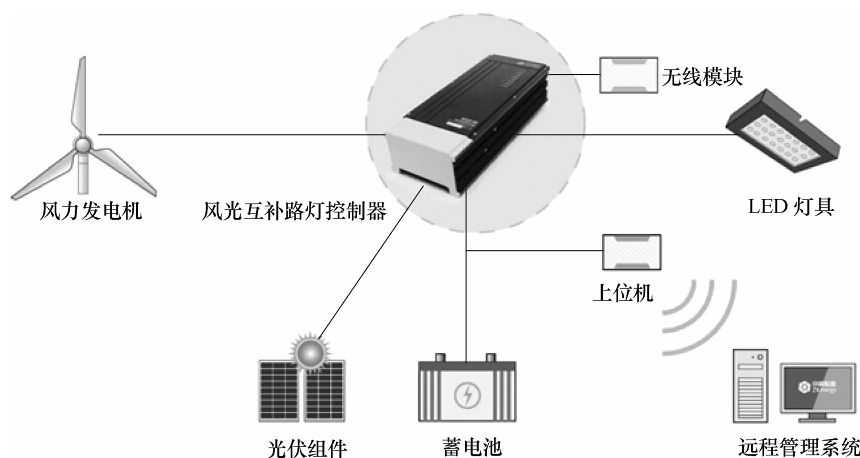


图 1　离网系统结构单元图

术、数据储存等技术，其应用能大幅度降低对路灯的巡检和日常维护的工作量，实时发现设备的故障和异常，非常有利于优化项目的售后服务质量和提升项目的整体品质。

（2）系统智能化特点

智能型风光互补路灯除了常规新能源路灯的自发自用及自动开关灯等基本功能外，其主要特点体现在采用智能化本地和远程控制所带来的系统高效性、可靠性和便利性，系统原理如图 2 所示。

1）本地控制智能化：

①采用嵌入式微电脑芯片及光伏发电最大功率点跟踪（MPPT）技术，使得控制器能智能跟踪光伏组件的最大功率，给蓄电池充电，以最大化、最优化利用太阳能。

②采用限流、恒压充电方式，与蓄电池的充电特性相匹配，自动实现均充、浮充转换；同时具有智能蓄电池专家维护管理系统，严格的过充、过放保护，能根据蓄电池剩余电量智能调整负荷输出功率，从而大大地延长了蓄电池使用寿命。

③采用新型的数字电源技术，可精确实现多时段、多功率智能调光，并实时监控蓄电池电量智能判断是否需要降低功率。

④具有多方位的保护功能，包括风机的刹车制动保护、光伏反接及过电压和欠电压保护、反向充电保护、蓄电池反接保护、充电限流及过温保护等，完善的保护功能大大地提高了系统可靠性。

⑤灵活的通信方式，可遥控设置运行参数，或设有 RS485 通信接口，配合无线数据采集器实现远程管理功能。

2）远程监控智能化：

①远程管理：系统软件基于 B/S 架构设计，在全球任何地方登陆互联网即可使用本系统，为所有新能源路灯设备建立无线连接通信平台，实现信息集中管理。

②实时遥控：通过本系统对新能源设备进行控制，如：强制开灯、强制关灯、强制风机刹车、设置亮灯参数等，足不出户即可远程操作。

③自动巡检：系统实现 24h 在线无人值守，自动上传部件的异常和警告，如风机异常、太阳能组件异常、蓄电池异常、负载光源异常等，最大限度地节约售后环节的人力和物力。

④智能报警：对于紧急信息，如蓄电池异常、无线模块丢失等，通过页面提醒、邮件群

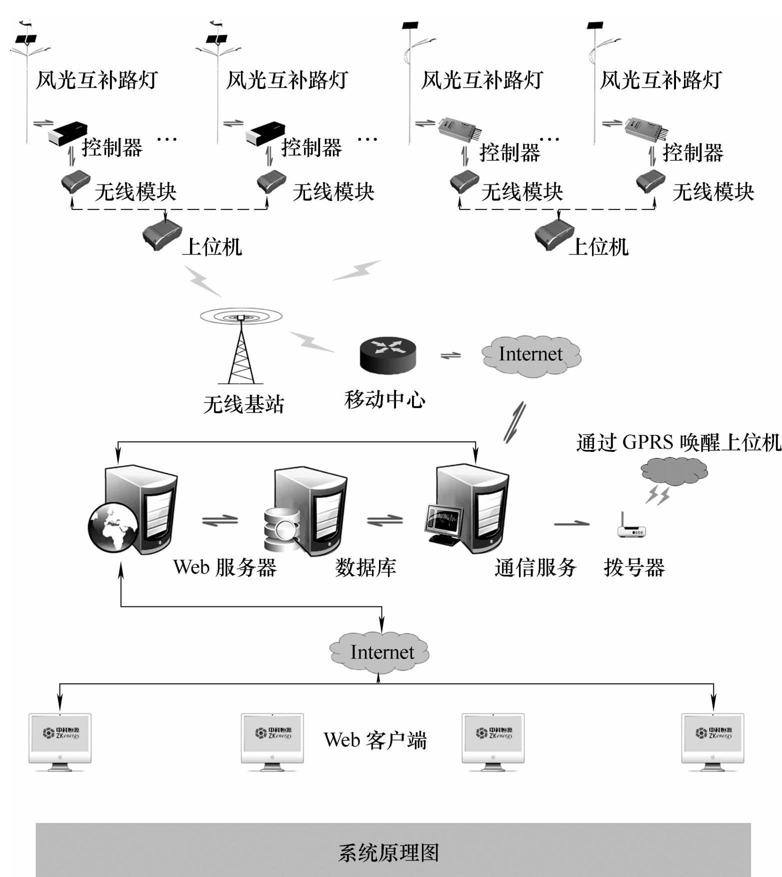


图 2　分布式能源离网系统原理图

发、短信通知的形式，多方位提醒管理人员和业主用户，提高售后服务的实时性和有效性。

⑤统计分析：远程测量风机、太阳能板、蓄电池、负载光源等部件及设备的综合工况信息量等，为发电、用电提供分析数据、零部件故障提供统计，指导新能源产品的设计和改进。

（3）智能化关键设备

智能化关键设备主要有智能控制器、无线模块和上位机，如图 3 和图 4 所示。



图 3　智能控制器



图 4　上位机和无线模块

1）智能控制器：智能控制器由风力机充电控制单元、风力机制动单元、光伏 MPPT 充电控制单元、蓄电池充电管理单元、负荷控制单元、通信指示单元组成。具体技术参数如下：

①适用风力机功率：300 ~ 600W；

②适用最大光伏功率：480Wp；

③风力机最大输入电压：AC 110V；

④光伏板输入最高开路电压：DC 46V；

⑤负荷最大电流：20A；

⑥蓄电池浮充电压：DC 28V；

⑦蓄电池过放保护电压：DC 21.6V；

⑧通信方式：本地遥控或远程监控；

⑨工作环境温度：－30～50℃；

⑩外形尺寸：294mm×124mm×82mm。

2）无线模块/上位机：

①无线模块：负责对终端控制器进行数据采集及存取，通过本地无线组网的方式，实现终端控制器与上位机之间的无线通信。

②上位机：与无线模块组成一个网状网，通过 GRRS 模块及本地 2.4G 无线通信方式，分别与远程监控中心和无线模块进行无线通信。

技术参数见表 1。

表 1　技术参数表

型　　号	上　位　机	无线模块
宽电源电压输入范围	6～30V	6～16V
通信频段	2.4G，具有 16 个信道	
可视传输距离	超过 1km	
工作环境温度	－30～60℃	
相对湿度	0～90%	
安装方式	垂直壁挂，螺钉固定	
防护等级	IP65	
产品尺寸	120mm×70mm×48mm	108mm×63mm×31mm

（4）离网应用案例

截至目前，本方案已经在全国各地众多城市道路、江堤、农村道路等领域广泛应用（见图 5）。



图 5　使用在各种环境下的离网系统

中科恒源
ZKenergy

1 北京良乡监狱
风光互补路灯工程

2 北京怀柔宝山镇
风光互补路灯工程

3 北京未成年犯罪管教所
风光互补路灯工程

★ 这些“喝足风，吃饱太阳”的风光互补路灯肆意挥洒着光亮，为来往的人们和车辆提供照明

1. 2. 3.

中科恒源
ZKenergy

1 深圳东部华侨城
风光互补路灯工程

2 广州水郡路
风光互补路灯工程

3 广州国际生物岛环岛
风光互补路灯工程

★ 风光互补路灯应用在全国首个“国家生态旅游示范区 ”深圳东部华侨城，高举绿色旗帜，倡导低碳生活

1 2 3

中科恒源
ZKenergy

海南三亚海棠湾国家海岸
风光互补路灯工程

★ 近2000盏风光互补路灯装点着海棠湾亮丽的风景

图 5　使用在各种环境下的离网系统（续）

3. 分布式能源并网系统

（1）分布式光伏系统简介

分布式光伏发电系统，是指在用户现场或靠近用电现场配置较小的光伏发电供电系统，以满足特定用户的需求，支持现存电网的经济运行方面的要求。

分布式光伏发电系统的基本设备包括光伏电池组件、光伏方阵支架、直流汇流箱、直流配电柜、并网逆变器、交流配电柜等设备，另外还有光伏设备的监控装置和环境监测装置。其运行模式是在有太阳辐射的条件下，光伏发电系统的太阳电池组件阵列将太阳能转换输出的电能，经过直流汇流箱集中送入直流配电柜，由并网逆变器逆变成交流电供给建筑自身负载，多余或不足的电力通过连接电网来调节，系统原理与结构如图 6 和图 7 所示。

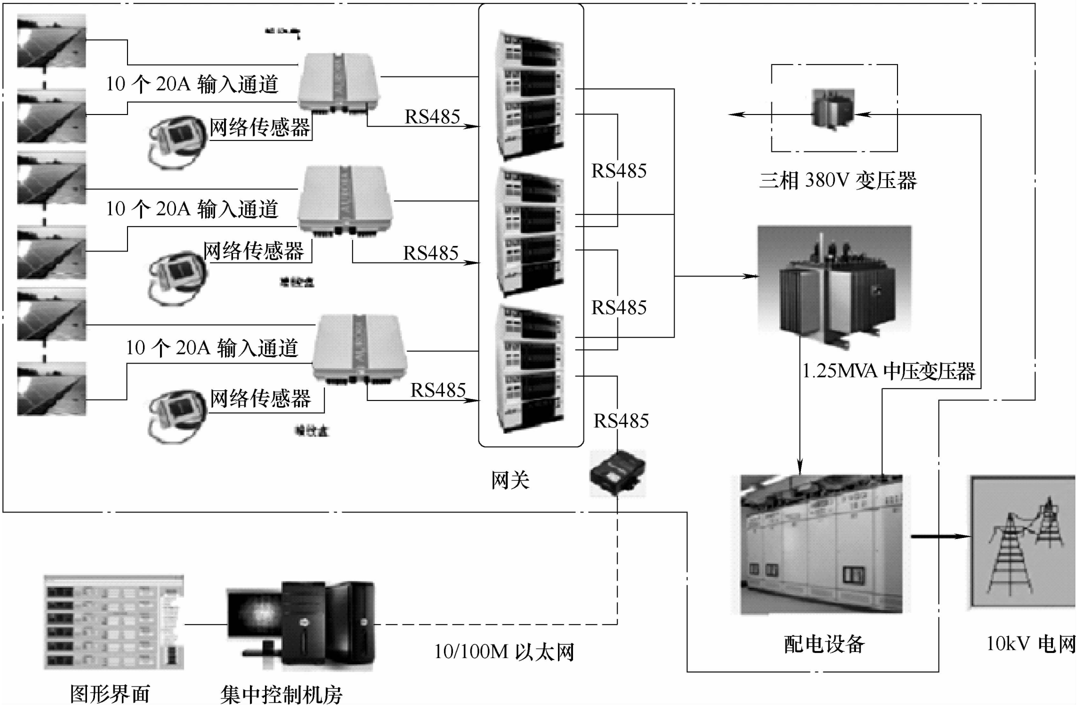


图 6　分布式能源并网系统原理图

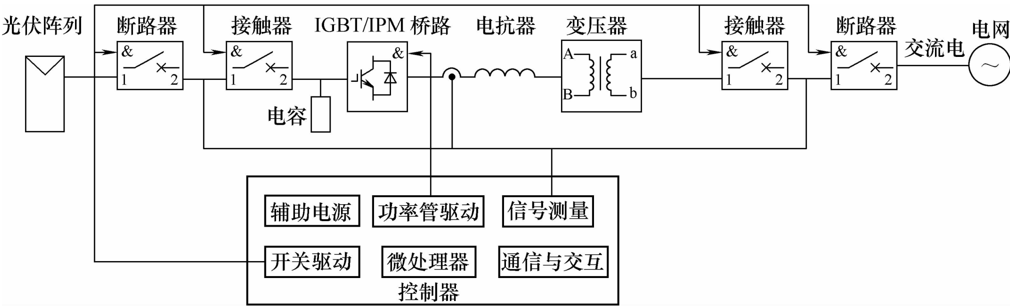


图 7　系统结构图

（2）分布式光伏系统特点

1）系统相互独立，可自行控制，启停快速，便于实现全自动，安全性高；

2）可对区域电力的质量和性能进行实时监控，非常适合向农村、牧区、山区，发展中

的大、中、小城市或商业区的居民供电，大大减小环保压力；

3）输配电损耗低，无需建配电站，降低或避免附加的输配电成本，土建和安装成本低；

4）系统运行故障少，运维简单，无需专人值守。

（3）分布式光伏系统关键设备

1）光伏组件选型：目前使用较多的两种太阳电池板是单晶硅和多晶硅太阳电池组件（见图8）。单晶硅太阳电池组件的单体光电转换效率为16%～20%，转换效率较高，但是生产成本也高，多晶硅太阳电池组件的单体光电转换效率为15%～17%，制作成本比单晶硅太阳电池组件要便宜，材料制造简便，总生产成本较低，因此得到大量发展和大规模应用。

2）并网逆变器：并网逆变器是光伏发电系统中的一个关键部件（见图9），高效稳定的逆变器是系统稳定运行的保证，并网逆变器的选型应着重考虑逆变器的可靠性和逆变效率。同时，并网逆变器应具有相关保护功能，且输出谐波应满足电网要求。另外，逆变器在低输入功率时也应保证可靠高效输出。



图8　多晶硅光伏组件图



图9　集中式并网逆变器和组串式并网逆变器

（4）分布式光伏并网系统成功案例

1）宁乡灰汤华天城酒店会议中心550kW并网型光伏屋顶发电系统（见图10）：该项目建设在宁乡灰汤华天城酒店会议中心的屋顶上，整个光伏系统直流额定发电功率554.6kWp，由2360块多晶硅标准太阳电池组件组成，光伏系统技术成熟、安全、稳定，并可通过实时监控和远程传输运行状况和发电输出数据。

2）湖南神州光电1.008MWp屋顶光伏电站项目（见图11）：该项目建设在湖南神州光电主厂房钢结构屋顶上，计划光伏系统直流额定发电功率1.008kWp，由3600块多晶硅标准太阳电池组件组成，光伏系统技术成熟、安全、稳定，并可通过实时监控和远程传输运行状况和发电输出数据。

3）湖南益阳10MWp屋顶光伏电站项目（见图12）：该项目在益阳市高新技术开发区混凝土屋面上进行电站建设。光伏系统技术成熟，安全、稳定，并可通过实时监控和远程传输运行状况和发电输出数据，参与地调。

4）云南师大1MW屋顶光伏电站项目（见图13）：该光电建筑项目建设在云南师范大学各建筑混凝土及钢结构屋顶上，整个光伏系统直流额定发电功率1000kWp，光伏系统技术成熟、安全、稳定，并可通过实时监控和远程传输该运行状况和发电输出数据。



图 10　宁乡灰汤华天城项目远景图



图 11　神州光电 1MW 屋顶电站远景图



图 12　神州光电 1MW 屋顶电站远景图



图 13　云南师大 1MW 屋顶光伏电站项目

（作者：中科恒源科技股份有限公司　李谟映　潘东山　刘素平　何龙　王鹏）

FA50　基于数据中心的通信设施直流微网系统

（CS44　深圳微网能源管理系统实验室有限公司）

1. 概述

与交流微网系统相比，直流微电网以直流配电的形式，通过直流母线很好地将各种分布式电源融合起来并加以协调控制，同时又能将直流电直接输送给对电能质量要求较高的直流负荷或者通过逆变装置供给交流负荷，由此可省去较多的 AC/DC 变换器，且可提高部分变换器的效率。在系统稳定性上主要控制直流母线电压稳定和有功功率的平衡，而不必像交流系统一样考虑输出电压的频率、相位问题，减少了由无功功率引起的线路损耗、集肤效应等问题。

在有较多直流负荷（如计算机，网络设备、手机充电器、LED 照明设备等）和直流源（如二次电池、超级电容、燃料电池和 PV 等）的应用场合直流微网系统具有很好的发展前景，对于燃气轮机、内燃机、风力机等交流源来说也可用 AC/DC 变换器挂接到直流母线上。

2. 系统简介

本系统为深圳微网能源管理系统实验室在深圳市南山区智能电网大厦为中国电信设计建

设的一套30kW基于数据中心的通信设施直流微网系统。系统包括30kW并网系统，10kW分布式光伏发电系统，20kW×2h磷酸铁锂一级储能系统，3kW×8h磷酸铁锂二级储能系统，DC/DC调压系统等。系统以DC275V电压作为一级母线电压，－48V为二级母线电压，该二级线电压可直接作为数据中心的通信设施的直流电源。同时，通过DC/DC调压系统，本直流供电系统可为不同负荷提供DC5V、±DC12V、DC220V、DC275V、DC380V等多个电压等级的电源。

直流微网系统于2012年12月建成并投入运行，并进行了直流试验电源的相关实验研究，试验证明直流供电电源能有效地提高能源使用效率，提高运行的可靠性。

直流供电系统结构图如图1所示。

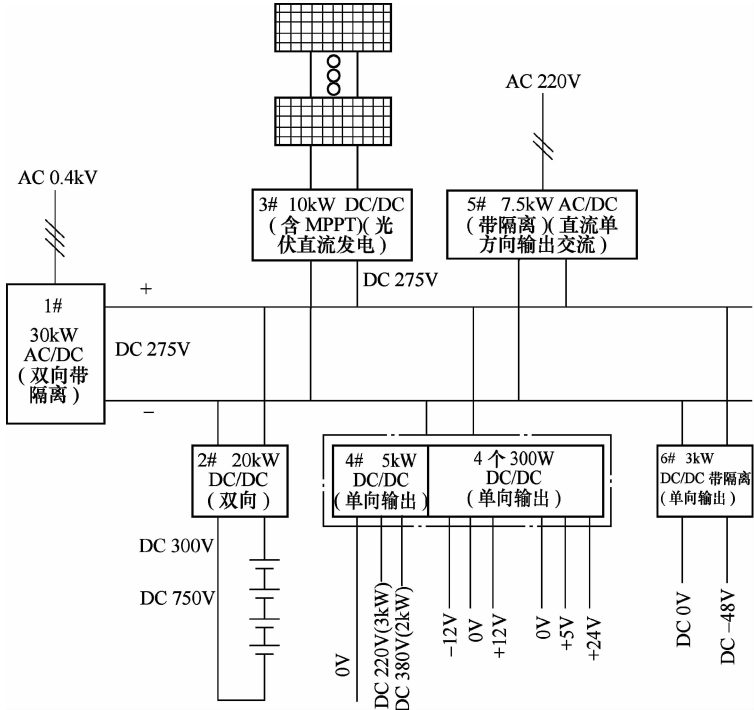


图1 直流微网系统结构图

系统由7个模块组成：

1）1#电源30kW并网AC/DC（AC380V/DC275V）双向变换器；

2）2#电源20kW蓄电池组DC/DC双向变换器；

3）3#电源组光伏DC/DC单向变换器；

4）4#电源多路DC单向变换器（见图1）；

5）5#电源DC/AC（DC275V / AC220V）单向逆变器；

6）6#电源DC/DC（DC275V/DC48V）单向变换器；

7）7#电源母线电压275V输出。

3. 系统分项介绍

基于数据中心的通信设施直流微网系统主要由太阳能光伏系统、储能系统、双向AC/DC变流系统以及能量管理系统（EMS）组成。

直流微网系统拓扑图如图2所示。

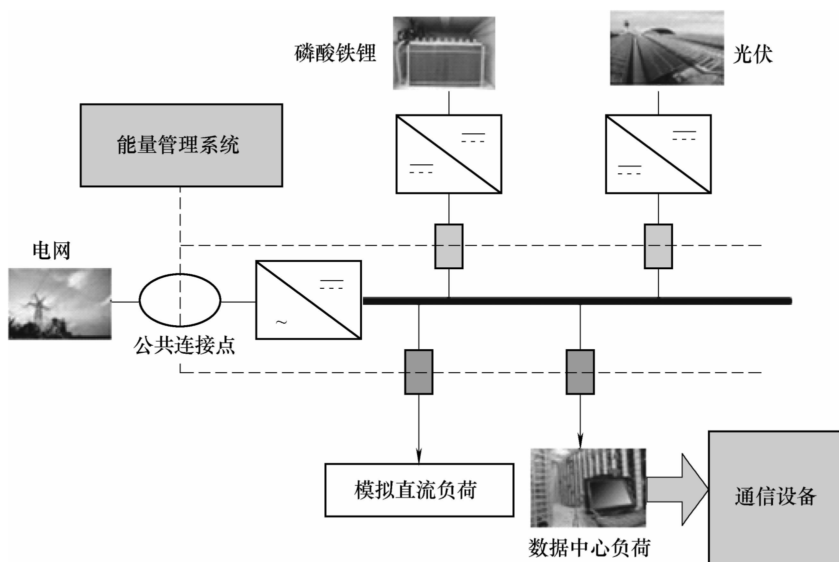


图 2　直流微网拓扑图

（1）太阳能光伏系统

本系统中工建设了 10kW 太阳能光伏系统，光伏发出的直流电经光伏 DC/DC 变换器直接连接至直流母线，供负荷使用或存储至储能系统中，无需经过逆变过程，减少了变换过程中的损耗以及节约了设备投资。

（2）储能系统

直流微网系统中包含有新能源发电单元，以及重要直流负载，因此设计了采用磷酸铁锂电池作为直流微电网系统的储能系统。在储能系统的基础上，系统能完成能量调度、时段电价、削峰填谷、孤岛等功能。

（3）双向 AC/DC 变流系统

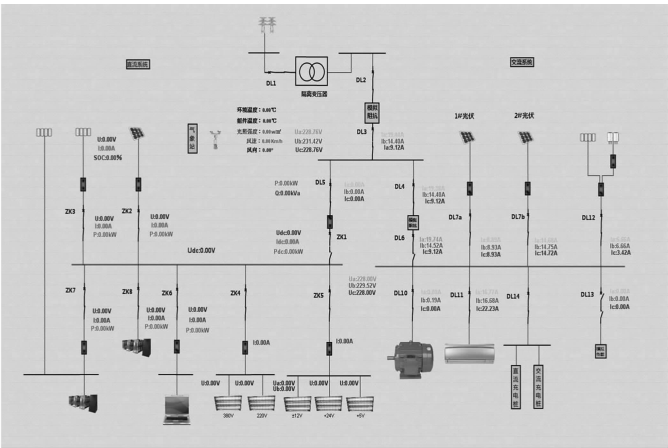
作为连接直流电网与大电网的桥梁，双向 AC/DC 变流系统在联网运行时，工作在整流状态，提供微网高压直流母线的电压支撑；且具备完备的保护功能，在各种故障情况下能保护自身及直流系统的安全；具有完善的通信功能，RS485 接口至集中监控系统，然后以 Modbus 的方式与更上层监控通信。

（4）能量管理系统（EMS）

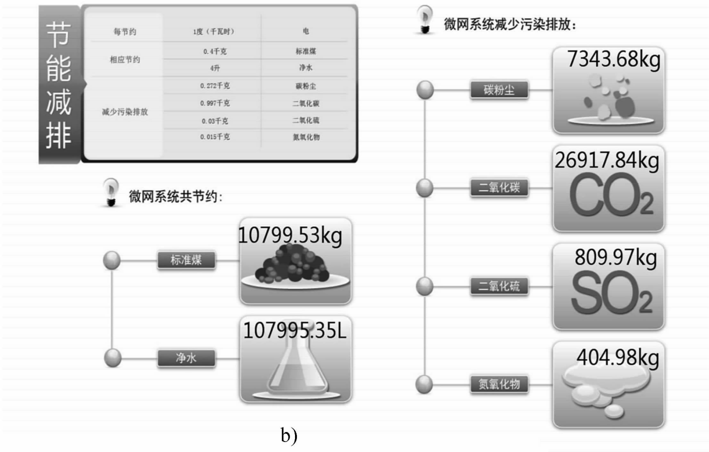
整个直流微网有一个完善的能量管理系统，此能量管理系统有实时监控，节能减排的准确数据和计算，记录发生的实时事件发生记录器，每一路历史数据，对于整个系统我们还设计了 72h 的数据预测、记录历史事件的记录系统、能量管理系统、时段电价、供系统做出最优惠的方案，如图 3 所示。

4. 直流微网系统建设意义

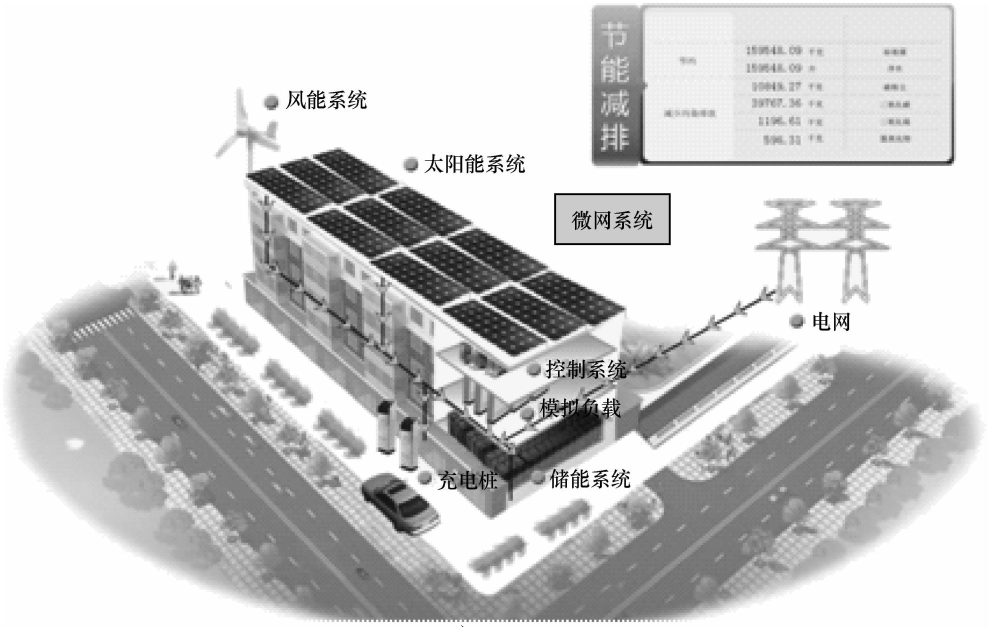
直流微网控制简单，节能潜力大。半导体电子器件和产品在我们生活中运用越来越广泛，比如我们常用便携式计算机（笔记本电脑）、手机、数据中心、LED 灯具、液晶电视等，有研究表明在我们很多地方大约有 50% 的负荷都是半导体电子器件和产品，这些半导体器件和产品都是采用的直流电源，所以直流微网运用的前景广阔。同时直流微网的节能潜力巨大，研究表明我们在商业建筑采用直流微网能够平均节能 19.3%，在数据中心采用直流微网能够节能 28%，节能潜力如图 4 所示。



a)



b)



c)

图 3　能量管理系统截图

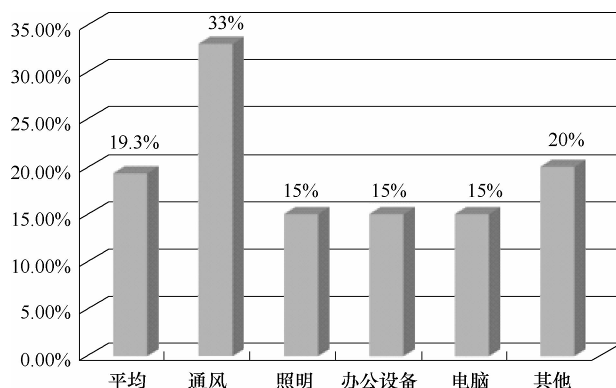


图 4　采用直流微网后商业建筑的节能潜力

（作者：深圳微网能源管理系统实验室有限公司　秦毅）

FA51　风光智能发电离并网系统

（CS45　深圳中电长城能源有限公司）

1. 概述

深圳中电长城能源有限公司风光智能发电离并网系统集风力发电、光伏发电、健身发电等绿色能源于一体，并具有绿色锂电储能功能及三路电源切换功能，可在逆变输出、市电、柴油发电机三路电源之间按优先级别进行切换，保证在任何情况下优先使用风光等绿色能源并对负荷持续稳定供电。

系统可根据用户需求及区域特点，灵活设置风、光等绿色能源输入配比，提供单相接口，可根据负荷可靠性要求灵活配置蓄电池容量。图 1 所示为系统柜的外观图。



图 1　系统柜外观图

2. 系统组成

风光智能发电系统立足于绿色能源利用，通过将太阳能、风能等绿色能源转换为符合用户用电要求的交流电（或直流电）以满足用户日常用电需求，在节约用户用电成本的同时实现绿色环保。

系统由太阳能组件、风力发电机、健身发电车、充电控制单元、储能单元和双向逆变单元组成，如图 2 和图 3 所示。

3. 系统功能

系统发电、用电、充放电示意如图 4 所示。

（1）自发自用，富余储存

在外界有太阳能或风能等绿色能源时，负荷优先使用绿色能源；当绿色能源有富余时，系统对蓄电池进行充电。

（2）电池充满，馈电上网

满足用户本身需求和给电池充满电后，馈送到电网，能量不浪费，还为用户产生效益。

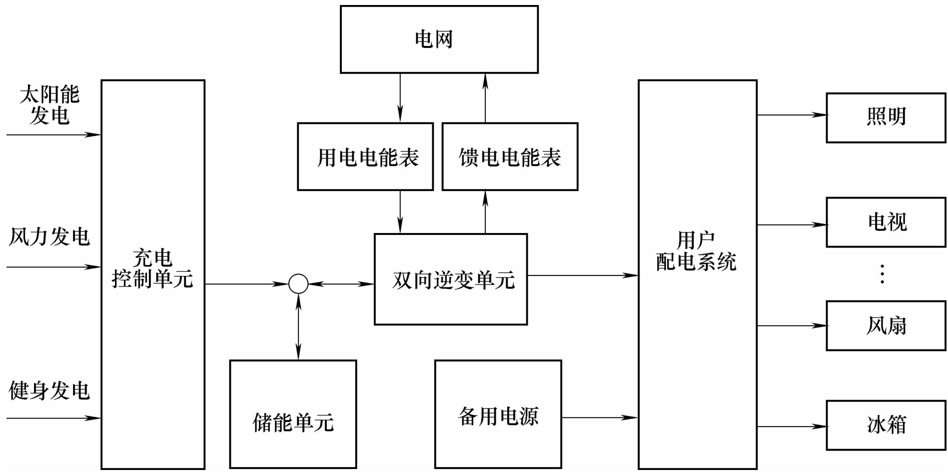


图2　系统框图

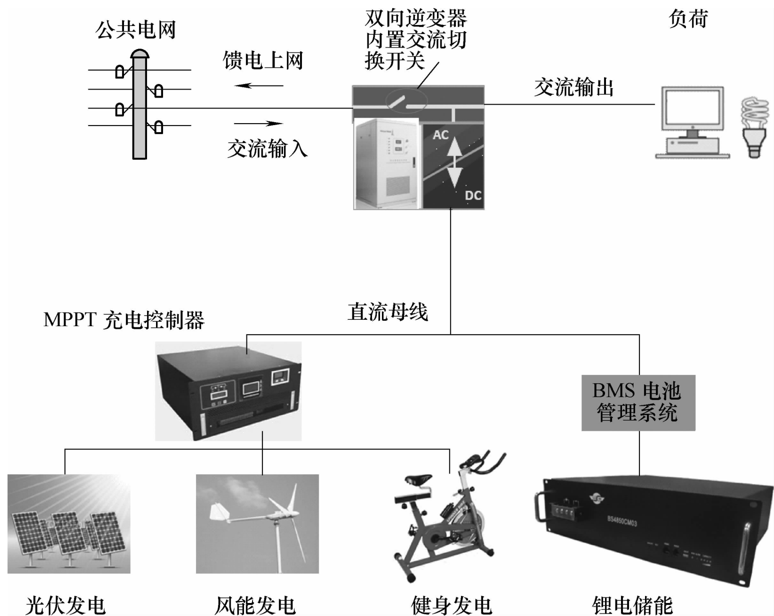


图3　实物连线示意图

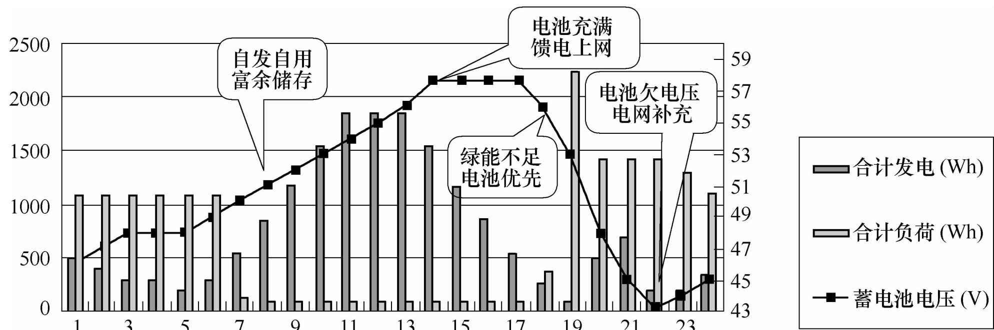


图4　系统发电、用电、充放电示意图

（3）绿能不足，电池优先

当风、光等绿色能源的发电量小于负荷需求，储能电池将释放所储存的能量弥补能源缺口。

（4）电池欠电压，电网补充

如果电池欠电压且有市电的情况下，系统切换到市电供电，市电同时给蓄电池充电以保护蓄电池和做必要的能量储备。

（5）电网不稳，系统给力

电网不稳一种情况为供电时间上的不稳，即电网有时有电，有时无电；另一种情况是电网有电但电压不稳定。针对前一种情况，当公共电网无电时，交流切换开关断开，双向逆变器以离网逆变模式给负荷供电，风光智能发电系统起到储能和稳定输出的作用。针对电压不稳定情况，风光智能发电系统带稳压功能，能够提供稳定的输出。

4. 关键设备描述

（1）智能充放电控制单元

智能充放控制单元采用目前先进的 MPPT 控制技术，实现绿色能源的最大化利用。该单元提供两路光伏输入接口、一路风力发电接口和一路健身发电接口；并可根据客户需求及区域特点灵活配置各类接口数量达到资源的最优化。单元主要实现对输入能源的监测与转化，并根据蓄电池的实时状态确定最优充放电模式。

（2）逆变单元

逆变单元选用集成中央处理器 IC 芯片，采用自耦变压器全桥工频逆变的原理；利用全桥电路进行 BOOST 升压工作方式；一次逆变成为符合供电要求的交流电供负荷使用或馈电上网。

（3）配电单元

主要用于实现绿色能源、市电、柴油发电机之间的智能切换，在充分利用绿色能源的同时保证供电的高可靠性。

该单元以 ATS（Automatic Transfer Switching equipment）为扩展，通过微处理控制器实现三路独立电源的起动、切换及测控。

系统优先选用绿色能源，即通过光伏、风力发电产生的能源；在无光无风且蓄电池欠电压时启用市电供电；仅当绿色能源和市电均无供应时起动柴油发电机。系统设计具有自动恢复功能，高优先级电源一旦恢复正常，经监测稳定后立即切换为高优先级电源供电模式（供电优先级别：绿色能源供电→市电供电→柴油发电机供电）。

5. 适用范围

深圳中电长城能源有限公司根据用户需求推出多款风光智能产品，见表 1。

表 1　产品系列表

系列	P/N	风能发电	太阳能发电	健身发电	柴油发电	市电互补
H 系全能型	GS-H03	✓	✓	✓	✓	✓
C 系光电型	GS-C03	—	✓	可选	—	✓
S 系光油型	GS-S03	—	✓	—	✓	可选

风光智能发电系统广泛适用于：

1）渔船、通信基站或偏远的边防哨所；

2）供电不稳定的山村地区；

3）小型农副产品加工用电场所；

4）对节能减排等有绿色能源需求的场所；

5）健身场所、家庭用户；

6）对供电可靠性要求较高的场所。

6. 实际应用情况

目前该系统在深圳、山东寿光有示范应用，在乌兹别克斯坦也有规模化应用。图5所示为其示范应用图。



图5　示范应用

（作者：深圳中电长城能源有限公司　尹新中）

FA52　微网控制保护与能量管理系统

（CS29　上海电气输配电集团）

1. 概述

微网是指能实现自我控制、保护和管理的，自制的微型电网系统，其既可并入大电网运行，又能脱离大电网独立运行。微网的出现源于分布式新能源的发展和能源高效利用的需求，其具有能源种类多样且具有间歇性、电网结构分散、运行方式复杂多变、稳定性弱等特点，这对微网的控制保护和能量管理提出了较高的要求。

微网控制保护技术是微网技术的关键，需要克服微网系统运行灵活多变，扰动频繁的难点。微网的保护不同于常规电网保护装置，特别是低压配电系统，传统的常规低压配电系统并不设置复杂的继电保护装置，只针对具体回路配置电流电压保护，而微网由于包含了大量的分布式电源，其潮流和短路电流随不同运行方式而时刻变化，因此传统的低压配电保护方式不能满足其保护的需要。微网控制的主要功能是微网中网络结构发生变化或者出现故障时，控制系统能够及时协调各微电源之间运行方式或出力，控制微网的运行状态，以保证微网安全有效的运行，保证在任何情况下都可以对负荷优质供电。

微网能量管理系统（MEMS）是电网特定应用环境下的能量管理系统，其隶属于大电网能量管理系统的一部分，但其部分功能又相对独立于大电网的能量管理系统，从微网角度看，MEMS 主要功能应满足微网内高效、经济、安全、可靠运行的需要，协调优化微网内各分布式电源、负荷，以及各种调节设备运行；同时，又要满足上级电网和用户对微网的管理和控制保护要求。

随着微网的推广应用，微网控制、保护、能量管理技术将得到深入的研究和探索。

2. 系统组成

本文提出微网控制保护和能量管理解决方案，该解决方案可用于解决微网在不同运行模式下的控制和保护，以及微网系统的高级能量管理，适用于并网型或离网型微电网系统。本系统可分为微网控制保护一体化系统和微网能量管理系统，是基于微网系统的三层系统架构模式，体系结构如图 1 所示。

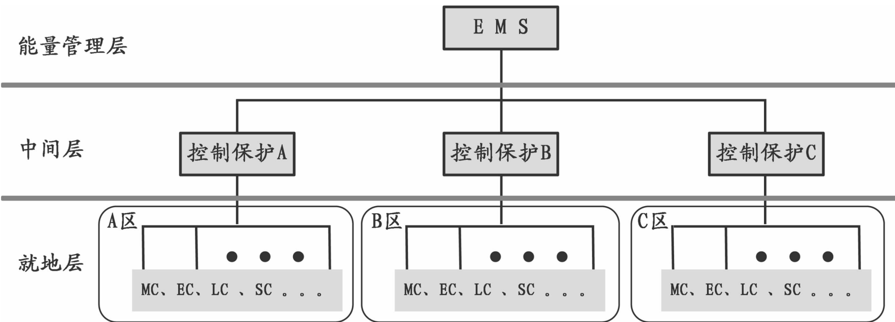


图 1　MEMS 体系结构图

本文提出的微电网技术解决方案由微电网控制保护装置和能量管理系统组成。其中微网控制保护装置包括可编程序控制器、CPU、单片机继保模块、数字量模拟量数据采集设备、电能参数采集设备、总线通信设备、光纤通信设备、显示屏组成，其拓扑结构如图 2 所示。

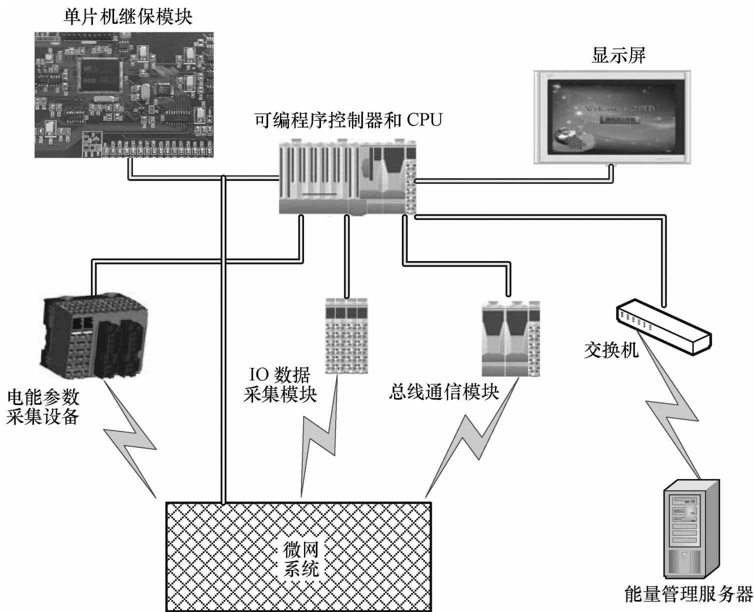


图 2　控制保护系统拓扑结构图

能量管理系统包括交换机、前置服务器、历史数据服务器、用户工作站、GPS 卫星对时装置、液晶显示器、不间断电源、数据库软件、MEMS 系统软件等，其拓扑结构如图 3 所示。

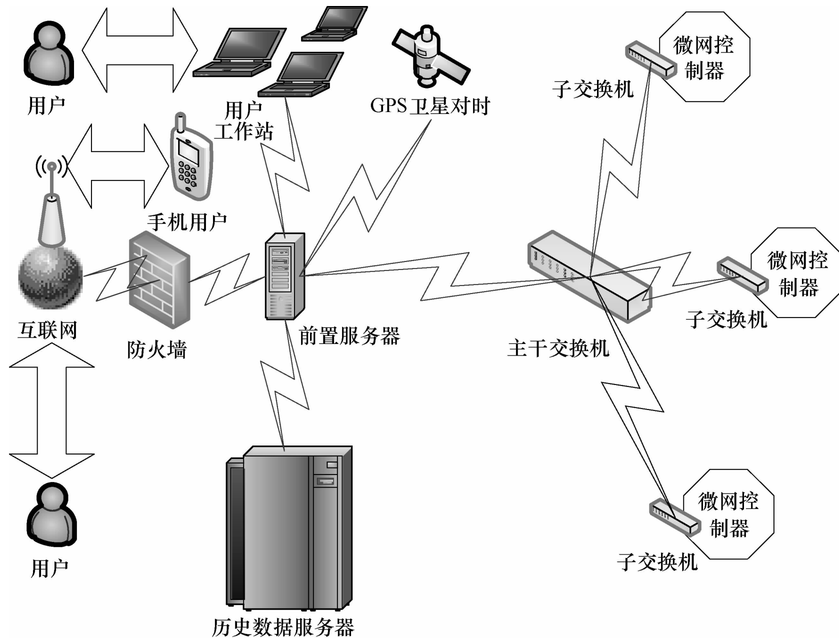


图 3　能量管理系统拓扑结构图

3. 系统功能

本文提出的微网控制保护柜和微网能量管理解决方案实现功能如下：

（1）控制保护一体化功能

1）并离网运行模式间的切换控制；

2）离网模式下的电压 \ 频率稳定控制；

3）分布式电源与储能系统的协同控制；

4）并网功率交换控制；

5）黑起动控制；

6）防孤岛保护、三段定时限电流保护、过负荷保护、反时限过电流保护、零序保护、电压保护、低频减载保护、重合闸等；

7）微网与配网的配合保护。

（2）能量管理系统功能

1）不同类型储能系统的运行效率与经济型技术分析；

2）不同类型分布式发电源的运行效率和经济性的计算分析；

3）微网内可再生电源的出力预测如光伏发电预测、风力发电预测、储能发电预测等；

4）多种分布式能源经济调度与控制；

5）冷、热、电三联供系统的冷热电优化调度与控制；

6）微网适应电价机制、削峰填谷等的运行方式与控制策略。

4. 系统特点

1）控制保护平台功能强大、可扩展、适应性强，方便系统集成和结构更改；

2）控制平台支持 IEC61850 通信协议；

3）微网在并网、孤网两种模式切换条件下保护控制系统的自适应技术；

4）防护等级满足户外需求，工作温度 -25 ~ 55℃，低温下自加热，能适应各种恶劣环境条件；

5）控制器在整体设计方面充分考虑电磁环境的影响，大大提高了抗干扰性能；

6）能量管理系统具有良好的开放性和可扩展性，方便进行功能扩展以及功能升级；

7）能量管理系统采用移动客户端技术，支持远程运行维护；

8）能量管理系统提供了完善的人机界面，实现在通用平台的基础之上通过统一的接口方式进行协作，从而实现微网内设备“即插即用”的灵活集成。

5. 使用范围

1）适用于风、光、储、柴油发电等多种分布式能源组建的微网系统；

2）适用于不同分布式能源组成的并网型或离网型微网供电系统；

3）适用于冷热电三联供微网系统；

4）适用于区域微网集成系统。

6. 实际应用情况

（1）上海电气输配电集团微电网示范系统

该微电网示范系统是一个小型的微电网实验平台，在公司办公楼配电系统基础上构建一个含光伏、储能、柴油发电机、DVR、APF 的微网系统。该平台主要研究微网控制保护一体化和能量管理系统的应用，研究微网组网技术、孤岛控制技术和混合模型与在线仿真技术，其系统如图 4 所示。

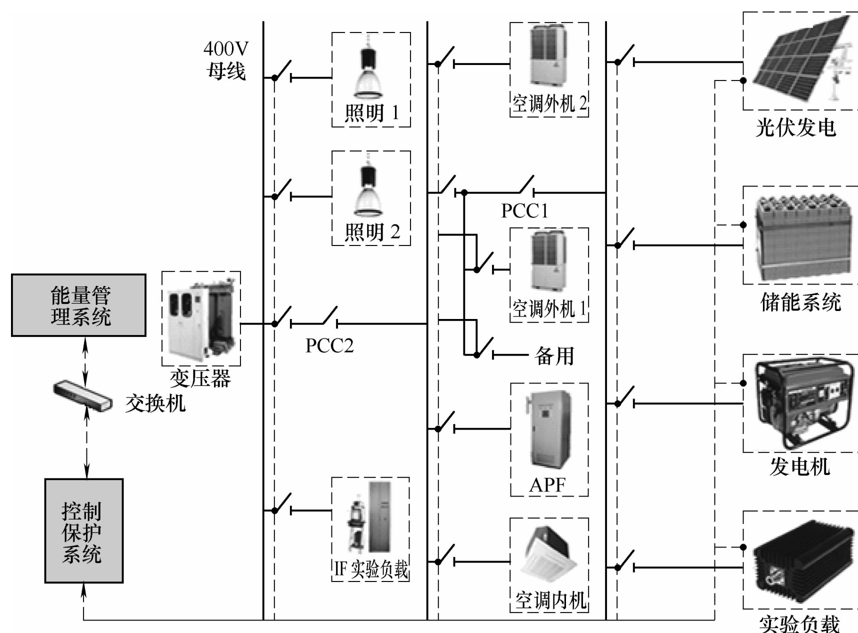


图 4　上海电气输配电集团微电网示范系统图

（2）西湖科技园区微电网示范系统

该微电网示范系统是多能源互补分布式能源系统集成及测试实验平台，将实现电力自发自用、智能控制、多余上网、余缺网补；冷热联供，梯级利用的典型分布式能源运营方式。

该平台建立国内领先、国际高水准的分布式能源和微电网集成技术的试验、研发、示范一体化平台，为进一步研究和探索分布式能源和微电网在应用、推广、运营中的关键技术和核心问题提供了支持。其系统如图5所示。

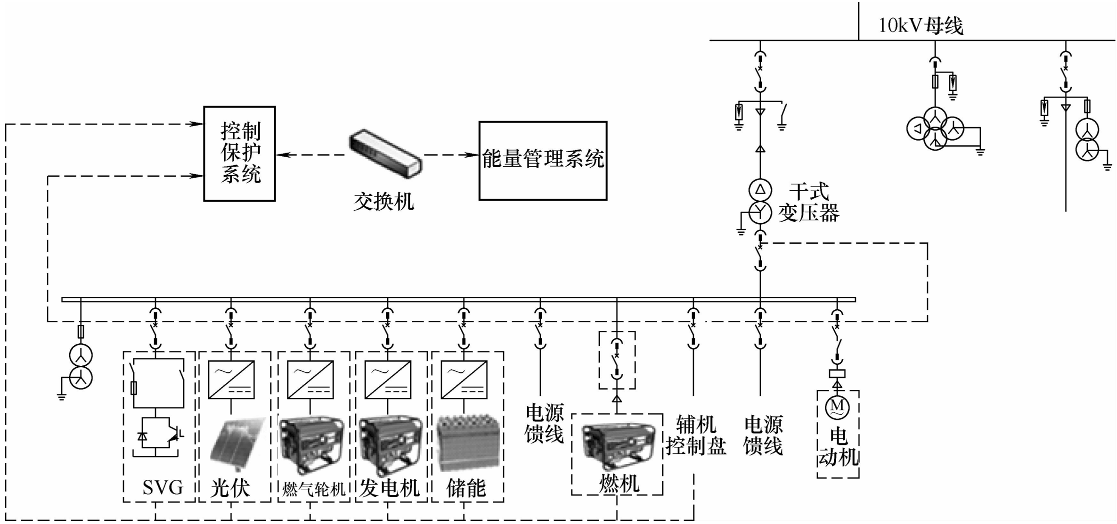


图5　西湖科技园区微电网示范系统图

（作者：上海电气输配电集团　奚玲玲）

FA53　集成4G工业无线技术的高可用性配网通信整体解决方案

（CS48　西门子（中国）有限公司）

1. 概述

工业以太网伴随“建设坚强智能电网”的理念进入电力行业并广为人知。如同IEC61850协议统一了变电站数据结构一样，基于IEC 61968（DL/T 1080）/IEC61970协议的国标的颁布及完善，也为配网统一接口奠定了基础。配网作为智能电网的基础和延伸，采用交换机组成的数据传输网络代替硬接线数据网络，以最大化实现配网数据共享，减少接线复杂度已经成为趋势。

智能配电通信一般分为三个层次，主干层、汇聚层和接入层。通信方式会根据配电自动化通信网的层次划分，采用多种通信方式相结合的方式。其中，配电主站和配电子站（配电汇接站）的通信，通常利用现有光纤网络；配电子站（配电汇接站）到配电终端的通信，一般采用光纤、载波、无线等方式。

智能配电通信系统采用通信电缆、光纤通信、无线专网、无线公网、中压配电线载波等多种通信方式的组合。与传统的通信技术相比，4G通信技术最明显的优势在于通信质量及通信数据（见表1）。

西门子公司（SIEMENS RuggedCom™）作为世界领先的严苛工业环境的高性能网络和通

信设备制造商，有着智能电网和网络通信方面的深厚背景。公司基于配网领域遇到的问题和具体需求，结合全球主要电力公司和电力供应商的众多项目合作经验，提出设计性能卓越且高度可靠的基于4G工业无线通信的高可靠性配网解决方案。

表1　配网常见通信方式比较

通信方式	光纤专网	电力线通信	无线专网	无线公网
应用技术	EPON/工业以太网	中压载波/低压载波	802.16/LTE（4G）	GPRS、CDMA/3G
传输速率	几个 Gbit/s	几百 kbit/s 至 200kbit/s	几十 Mbit/s	几百 kbit/s
传输距离	20km/长距离	几百米至几千米	几千米至几十千米	在网内不受限制
可靠性	可靠性高无噪声影响	相线耦合干扰大，可靠性低，通信干扰小	可靠性较高，受天气和其他因素影响	可靠性较低，数量大时通信质量下降
应用成本	高	较为便宜	便宜	运行费用与数据量相关
标准化程度	高	低	高	高
影响因素	不受影响	受电网负荷和结构影响	天气和地形	天气、地形和网络拥塞
安装维护	不方便，涉及路面开挖、移杆等	较为方便，涉及耦合设备安装	方便	方便
适用场合	适合配电主干通信或新建线路	适合城市电缆供电系统	城市建筑影响较大，适合于郊区和农村	适合不带控制的配电监测系统

2. 配网通信新技术

（1）4G工业无线技术

工业无线技术是面向工业自动化和过程自动化设备之间信息交互的无线通信技术，相对于有线通信系统，工业无线通信系统节省了通信电缆，简化了设备安装，降低了维护时间和停工时间，增加了系统的可用性，提高了系统的可靠性。

4G工业无线技术就是以4G通信技术为基础，面向工业自动化和过程自动化应用的无线通信技术。并利用了一些新的通信技术，来不断提高无线通信的网络效率和功能。

4G工业无线技术主要是以正交频分复用（OFDM）为技术核心，包括抗干扰的高速接入技术、调制和信息传输技术，高性能的自适应智能天线，大容量的无线接口，以及系统资源、软件无线电、IP网络结构等。

西门子罗杰康WiMax系列产品，支持4G工业无线技术，具有良好的抗噪声性能和抗多信道干扰能力，提供比目前无线技术更高的服务质量和更好的性能价格比，非常适合配网设备的接入。

（2）4G工业无线冗余技术

为了保证4G工业无线系统能够可靠的工作，系统应用了4G工业无线冗余技术。4G工业无线冗余技术分为基站1+1冗余、基站和终端1+1冗余。

4G工业无线冗余，就是当主用基站（BS）故障时，它关闭无线发信（TX）和发送信号给备用基站表示不能正常工作。备用基站接收故障指示，并打开它的无线发信。主用基站不断发送“Hello”消息给备用基站。如果主用基站的功能出现问题，备用基站在一段时间

不接收主用基站的“Hello”消息，则打开无线发信。

冗余功能的设计原则是 1 +1 冗余，即一个备用基站备份一个主用基站。默认情况下，冗余功能是关闭的。系统的设计目的是处理一个单一的故障，没有可能检测双重故障情况。主用和备用基站都发射同一频率，主用基站无线发信打开，备用基站无线发信关闭。假设在主用和备用基站间有可靠的和冗余的网络连接，主用和备用基站的配置相同，只有不同的 IP 地址和一些特定参数（如 BSID、BS 名称等）。基站和交换机之间的连接，交换机应明确 MAC 地址表条目相关的端口。没有预先定义的主用和备用基站，确定过程发生在每次 BS 启动时间。用户发起的“Service stop”不是基站发生的故障。

对于系统经常采用的冗余是基站 1 +1 冗余，在无线网络要求非常可靠的场合，宜采用基站和终端 1 +1 冗余，如图 1 所示。

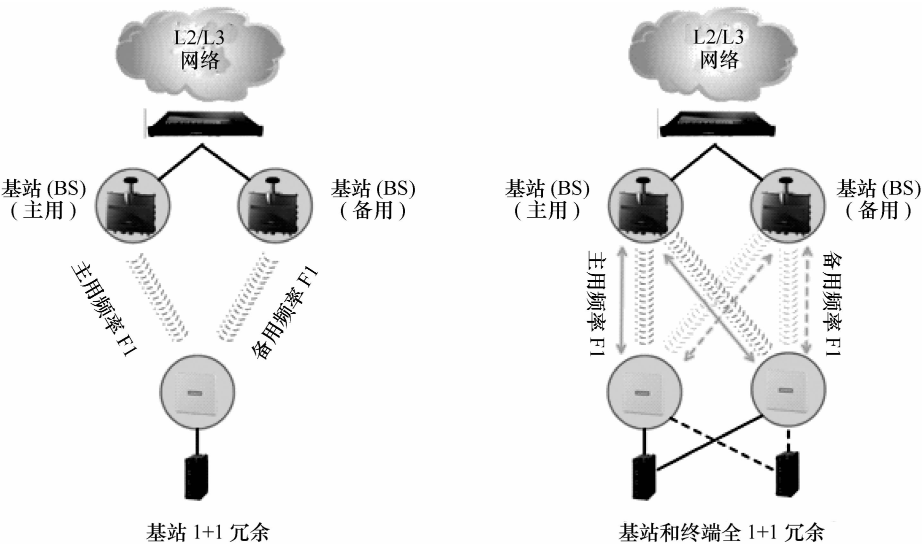


图 1　WiMax 基站和终端冗余方式

基站 1 +1 冗余能够很好地保证工业无线网络系统中的基站不会因为功能故障而使无线网络不可用。

在有的工业无线网络中，要求每个接入点也不能发生网络故障，这就要求采用基站和终端 1 +1 冗余。基站和终端（CPE）1 +1 冗余，就是在基站 1 +1 冗余的基础上，终端也采用 1 +1 冗余。

终端 1 +1 冗余，就是在一个无线终端接入点，通过带冗余功能的交换机接入两个终端，这两个终端的无线是同时接入基站，但该终端接入点的数据通过带冗余功能的交换机，经过两个终端中其中一个终端接入基站，数据具体由哪个终端接入基站，由冗余交换机的设置决定。

基站和终端 1 +1 冗余，应用在无线网络要求非常可靠的场合，能够保证无线网络稳定可靠。

（3）高可用性无缝冗余（HSR）与并行冗余协议（PRP）

HSR 环网由多台支持双连接（DANH-doubly attached HSR Node）的 HSR 工业以太网交换机 RS950 构成，采用 HSR 技术（IEC62439-3，Feb 2012），每个节点具有两个 HSR 环网接

口（端口 A 和端口 B），该端口采用全双工方式工作，每个 DANH 节点都可将从 A 口接收到的数据转发到端口 B，反之亦然，如图 2 所示。

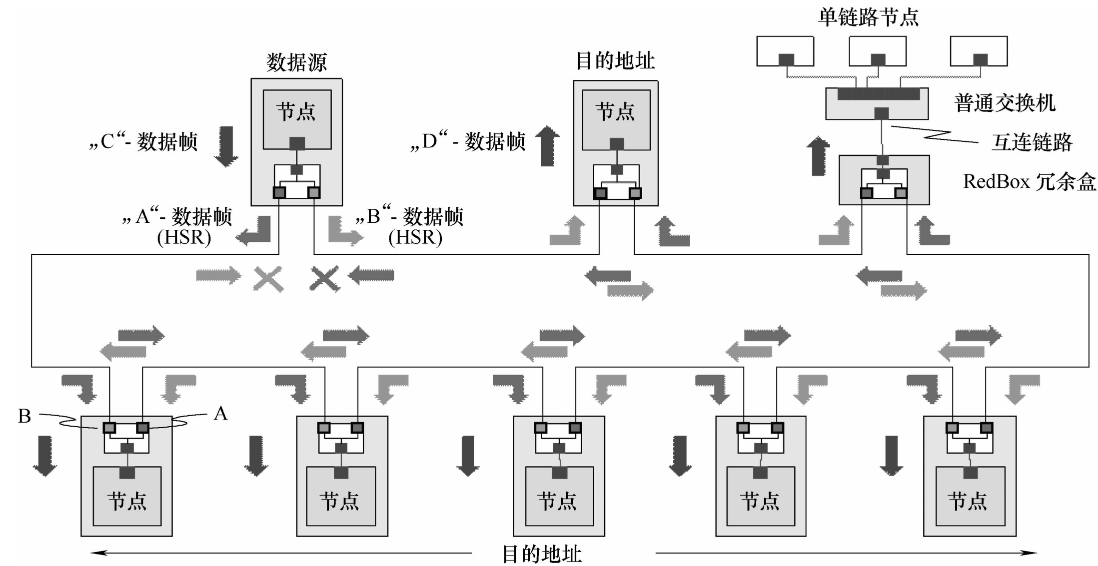


图 2　HSR 网络数据流向图

在图 2 所示的网络结构中，数据源节点发送数据帧（C-数据帧）时，HSR 交换机的 DANH 端口接到来自上层协议数据帧后：

1）先在 HSR 数据帧中加入 HSR Tag 标识重复报文，随后向两个 DANH 端口发送报文 A-数据帧和 B-数据帧；

2）目的端（Destinations）的 DANH 端口会在不同时间、不同端口收到重复的报文 A-数据帧和 B-数据帧，目的端交换机会处理收到第一个报文（D-数据帧），移除 HSR Tag 并将报文转发到上层协议，之后到达的第二个重复报文将被直接丢弃。

3）源交换机会丢弃本交换机发出到环网并经环网回到本交换机上的数据帧。例如，B 口收到有本交换机 A 口发出的报文后直接丢弃，反之亦然。

4）即使在任一链路故障情况下，源端数据都有通往目的端的有效链路，对网络通信不会造成任何影响。

HSR 支持环网、环网嵌套等多种网络结构。对单环网来说，当任一链路故障情况下，可以实现网络的无缝切换。HSR 协议不像传统工业环网协议（环网检测帧型或基于 RSTP 协议），在链路故障时无需激活冗余链路，HRS 不接受本身发出的报文，传输特性有效地避免了广播风暴的产生，同时双向报文传输特性避免了传统环网协议网络重构、MAC 地址刷新等带来的报文丢失，真正实现链路故障情况下的无缝切换。

西门子罗杰康 RS950 系列工业以太网交换机支持 IEC62439 协议的 HSR/RPR 技术，该技术支持单点故障下零自愈时间，适合苛刻环境下的各种应用，诸如数字变电站、运动控制等。组网方式灵活，可以构成环网或嵌套环网。对于不支持 HSR 的传统设备——如计算机、打印机——装置可以通过冗余盒（Redundancy Box）装置接入，冗余盒的功能就像代理服务器一样进行工作，加入 HSR Tag，把数据帧送到环网上，并丢弃回到本身的发出报文。

RPR 技术和 HSR 相似，如图 3 所示，支持 PRP 的设备拥有两个独立的以太网端口，各

连接到一个独立的以太网络，在同一个设备内，这两个网口对于上层协议而言使用相同的MAC 地址和 IP 地址，相当于一个以太网接口。发送节点将同一个以太网帧发给两个以太网端口，接收端从两个网络上接收数据，仅接收第 1 帧，将后到的第 2 帧丢弃。PRP 通过软件实现。此协议容许单网故障。

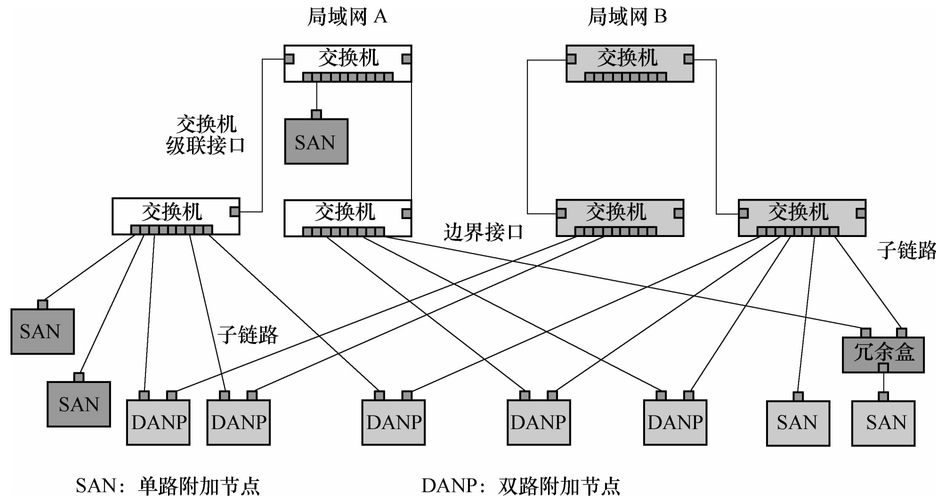


图 3　PRP 常见网结构图

比起 HSR 技术，增加了网络交换设备，而 HSR 技术，装置只需要配备两组网络接口，简化了硬件配置，降低了设备功耗。

3. 集成 4G 工业技术高可用性配网通信整体解决方案

罗杰康公司配网解决方案遵循“结构分层、功能分级、布置就近、信息集中、控制可靠”的原则，系统采用分层分布式结构，即主站层、中间层、终端接入层。

4G 工业无线配网通信，是以 4G 通信技术为基础，面向配网自动化应用的无线通信解决方案。基于配网本身的速动性和可靠性要求，以及检测对象点多面广、更多的户外设备、网络路由复杂等特点。西门子罗杰康公司结合应用实际，在传统工业以太网配网传输的基础上，增加了基于 4G 无线工业通信高可靠配网解决方案。

4G 工业无线配网通信网络，是一个全 IP 的无线专用网络，充分利用现有的网络设备，可以直接和现有的有线网络连接。基站提供标准的以太网接口，支持 TCP/IP 协议，连接配网的核心网络。终端可直接连接交换机、路由器 、柱上开关、环网柜、开闭所有的重要配变设备，提供数据、语音和图像传输。

基于 4G 工业无线技术的高可用性配网解决方案的产品解决方案如下：

1）在主干层，推荐使用支持三层功能的 ROX5000/1500，系列产品；

2）在中间层，推荐使用 ROX1500 系列产品或 ROS2000 系列产品；

3）在接入层，推荐使用 RS900 系列，及支持 HSR/PRP 的 RS950G、4G-WiMAX　RUGGEDCOM WIN7000/7200 BS 系列及 RUGGEDCOM WIN 5100/5200 CPE 产品，如图 4 所示。

为满足配电自动化应用，则要在配电站、配变上安装 4G 通信终端，再根据变电站的分布，合理地布置、分类 4G 通信基站，建立起一个“以配调为中心，变电站为基站，配电站为终端”的自动化业务接入网。

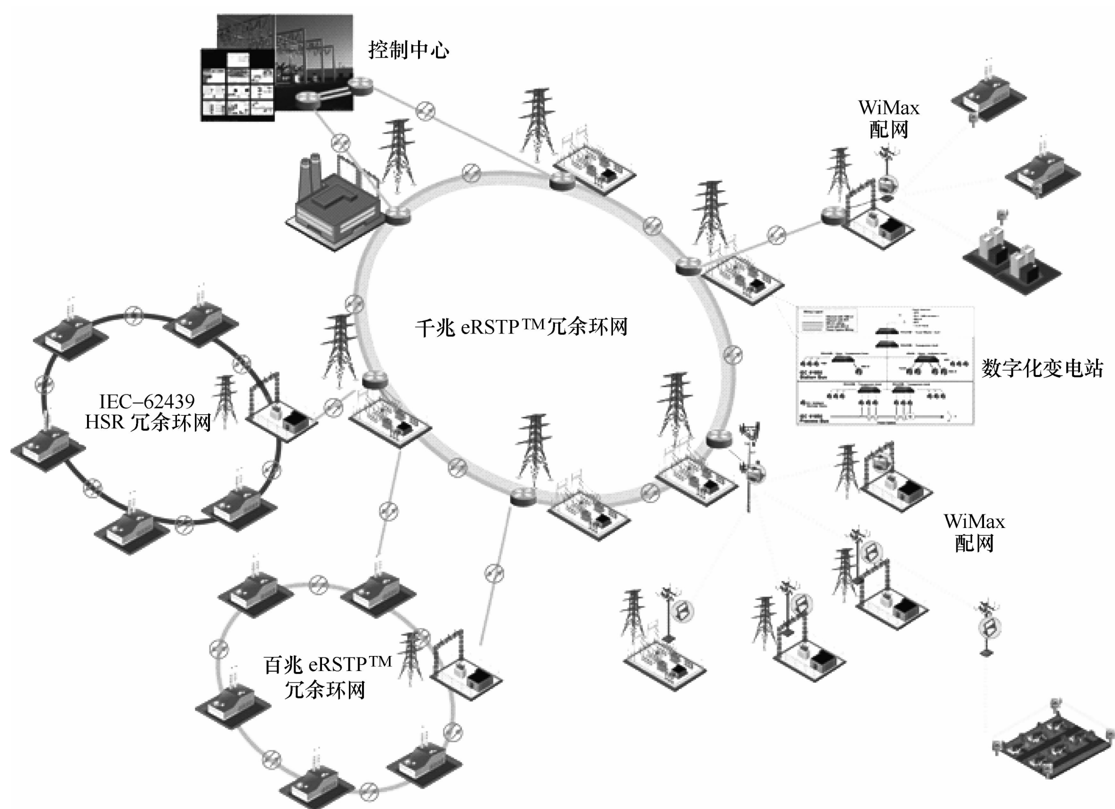


图 4　罗杰康 4G 工业无线通信的高可靠配网解决方案

在基于 4G 工业无线通信的高可靠配网解决方案中，尤其对于地处偏远的地区，架设或埋设专用光纤通信网络不仅造价高、建设周期长，而且恶劣的工作条件，造成维护困难和容易发生通信故障。采用 4G 无线通信方式则具有应用成本低、容易扩展和可靠性优点，采用 4G 无线通信网构建保护控制系统，完全可以满足应用需求。

4G 通信基站通常安装在配电控制中心、变电站或配电主站附近，以及比较高的通信塔或楼房顶端，能够覆盖周围几公里到十几公里的地方。4G 通信基站为全室外结构，IP 网络接口或光纤接口，通过有线光纤与附近的配电变电站或配电主站连接。4G 通信基站的天线，根据用户数量和带宽要求，选配扇区天线或全向天线。4G 通信基站通过两根 1.5m 的馈线连接天线安装在一根 2m 高的抱杆上。4G 通信基站的电源通过专用基站电源接入。

4G 通信终端通常安装在配电终端上（如杆上变压器）、配电柜旁的电杆、楼房配电室外墙上，通过数据和电源网络连接到设备箱内的 PoE 供电模块，PoE 供电模块的 IP 接口通过标准网线连接配电用网络交换机上。

通过 4G 通信基站与通信终端的无线连接，将配电控制中心的网络，通过 4G 工业无线远程连接到配电终端的网络上，实现配网自动通信。如，一个中等城市的配电网，变压器有上千个，配电终端有上万个，4G 工业无线通信系统，能够通过建立多个通信基站和多个扇区来将配电终端直接无线接入到配电主站，将智能电能表的用户用电信息、线路工作状态和故障信息发送到调度中心，完成配电智能化，配网接入应用如图 5 所示。

西门子罗杰康基于 4G 工业无线通信的高可靠配网解决方案具有以下特点：

1）技术先进：西门子4G无线产品应用先进的802.16e Wave 2（MIMO）无线标准，具有高性能、长距离、高安全性、高可靠性的全室外型无线宽带产品，通过无线通信方式将配网子站与各台站IP连接，实现多种配网业务。

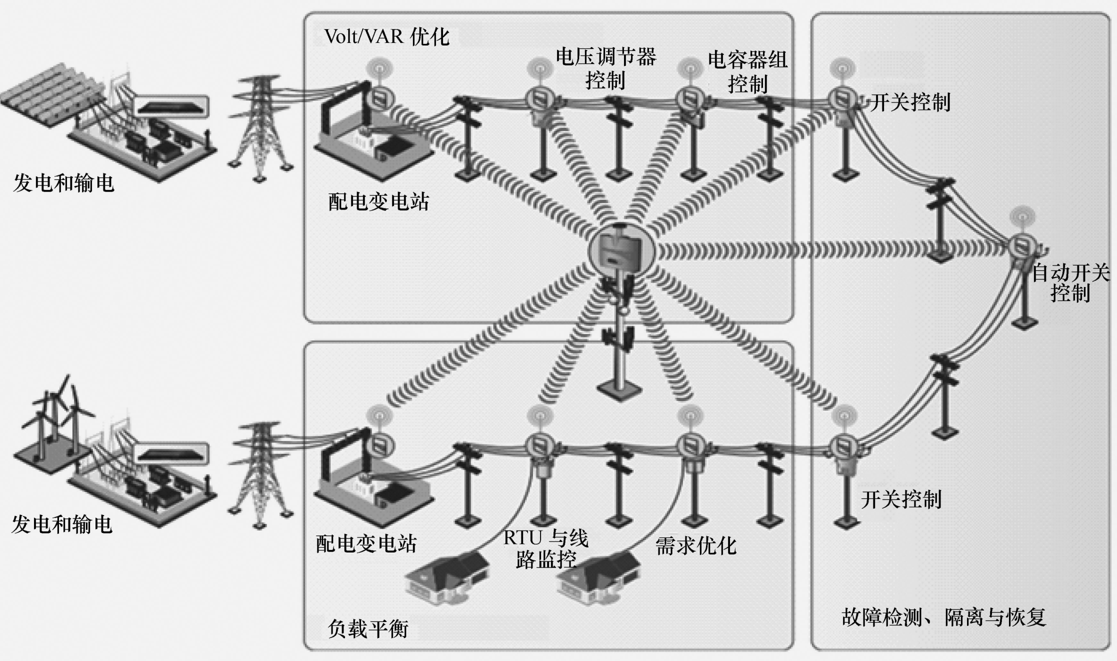


图5　西门子罗杰康 WiMax 产品配网接入应用

2）通信带宽大：西门子4G无线基站的单扇区吞吐量：设备实际应用吞吐量下行12.0Mbit/s、上行12.0Mbit/s（下行50%），特别是上行与下行最大流量比可以达到70%，能够满足配网自动化系统多种数据接入，同时还能够满足视频传输要求。

3）传输性能好：西门子4G无线系统能够根据业务类别不同、不同用户等级分配不同的QoS机制，来保证不同业务对于通信的要求，特别是对于开关控制等业务要求很高的业务，能够提供强有力的QoS机制保障。同时，所有网络设备（含4G-WiMAX）支持IEC61850标准，支持Goose报文能力的良好实时性。

4）冗余性能优：基站支持eRSTP，实现全系网络设备在链路故障情况下的快速自愈；基于HSR环网技术，减少网络中使用交换机的数量，既降低了成本，又可满足终端数据在链路故障情况下零丢包切换。

5）接入能力强：西门子4G无线系统单扇区基站能够接入CPE数量：10MHz时最多为128CPE，5MHz时最多为84CPE。

6）安全性能高：西门子4G无线系统引进基于EAP协议的认证机制和安全标准，采用三元对等鉴别，具备完善的安全机制，使网络安全性能达到很高标准。

7）工业级品质：所有网络设备符合苛刻环境下通信的RuggedRated ™电力级设备标准，并支持多种工业认证；Win设备支持直流供电，采用无风扇散热方式，工作温度为－40～＋75℃，MTBF高达500000h，是业界唯一的工业级的WiMAX产品；

8）应用成本低：西门子4G无线系统与其他同类产品比较，不论固定应用，还是移动

漫游切换应用，都不需要专用的 ASN 网关，移动漫游切换通过基站（BS）来完成，大大降低了应用成本。与其他配网方案相比，应用成本仅为四分之一。同时维护简单方便，综合成本更低。

4. 结束语

西门子罗杰康工业以太网配网解决方案已经在广州、深圳大运会等项目上成功应用，经受住了考验，整体情况运行稳定，基于 4G 工业无线通信的高可靠配网解决方案一定可以为客户提供了更加丰富、灵活地选择。

（作者：西门子（中国）有限公司　陶文帅　蒋五星　周佳华）

2.13　通信系统

FA54　用户端通信有源电力滤波器系统

（CS27　南京亚派科技实业有限公司）

1. 概述

现代通信对供电的可靠性有着较高的要求，无论是基站、IDC 机房、枢纽站，或是金融等行业的电子信息机房，都要求持续而不间断的供电。此类场合的主要负载为 UPS、通信设备、变频空调等，其中大功率 UPS 的晶闸管整流电路、通信设备的开关电源以及空调的变频器等，均会导致输入电流的严重畸变。这些非线性负荷会产生的 5、7、11、13 等次谐波，会对通信系统造成干扰，降低通信质量、影响设备寿命，并对其配电系统带来其他隐患。

2. 系统组成介绍

针对通信行业谐波电流的具体情况，使用 APEX 系列有源电力滤波器（Active Power Filter，APF）可以有效地滤除配电机房网络中的谐波，达到提高电能质量和节能降耗的目的。

亚派科技实业有限公司自主研发的有源电力滤波器 A-APF 主要包含以下三个模块：

1）功率单元模块：采用三电平逆变技术，模块化设计，具有开关损耗小、功率密度高的优势。

2）输出滤波模块：采用 LCL 三阶滤波结构，能够最大程度兼顾低频段增益和高频段衰减，保证纹波电流控制在 0.5% 之内。

3）控制系统模块：采用 3DSP + CPLD 控制系统，保证 APF 能够满足补偿 2 ~ 60 次谐波的要求。

A-APF 系列有源电力滤波器的主要优势如下：

1）APF 可以同时滤除 2 ~ 60 次谐波，补偿后电流 thdi 能够控制在 3% 以内；

2）系统效率高达 97%；

3）实时监控用电系统中的谐波电流动态，及时反应、50μs 内响应；

4）高功率密度、高开关频率（20kHz）、低噪声（ <55dB）；

5）纹波电流小于 0.5%。

A-APF 系列有源电力滤波器具有体积小、重量轻、安装方便的优点。A-APF 50A 的机型

体积为 220mm(h)×480mm(w)×500mm(d)。重量为 30kg，使得 A-APF 50A 既能壁挂安装，也能放置在标准的 19in 机柜中。

3. 系统功能介绍

图 1 所示为 A-APF 系列有源电力滤波器系统原理图。核心部分为控制单元和 LCL 滤波单元。

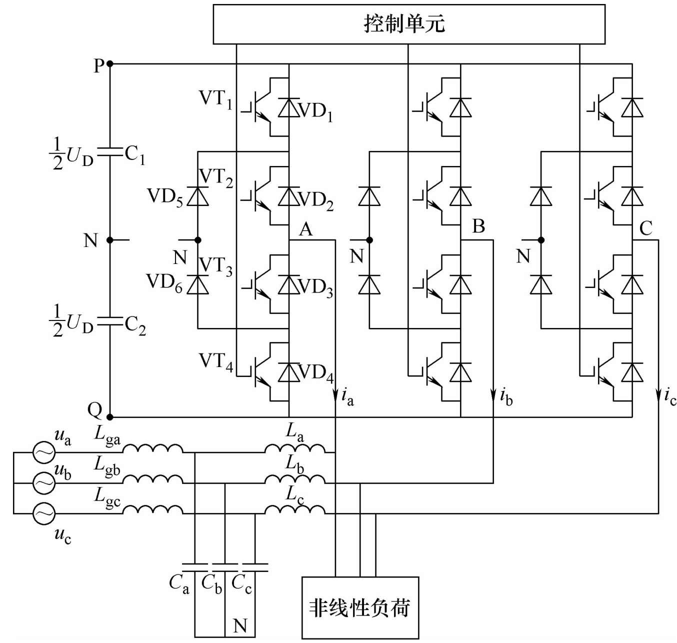


图 1　有源电力滤波器系统原理图

图 2 所示为该控制系统的框图。控制单元采用 3 片 DSP 分别控制三相电路，分工细化，提高效率，保证了控制系统的运算能力。该控制系统的主要功能如下：

1）采用 3 片 DSP 和 1 片 CPLD 的架构，运算能力比较强大，分工细化，提高效率；

2）通过 CPLD 实现逻辑保护功能，硬件保护动作快，且灵活；

3）各个 DSP 都配有 1 片 EEROM，数据读写比较方便；

4）具有硬件过电流保护功能；

5）通过 CPLD 将 3 片 DSP 的 SPI 总线连接在一起，DSP 之间可以直接进行数据交换，也可以在 CPLD 上实现 SPI 功能分别与 3 片 DSP 进行数据交换。

6）通过 CPLD 来控制不同 DSP 执行不同的代码，实现 3 片 DSP 的软件版本的统一性。

7）具有掉电保护功能（模拟 ±15V、数字 15V、数字 5V 、数字 3.3V 、3 个 DSP 的数字 1.9V）。

8）兼容单 DSP + CPLD 的冗余功能。

LCL 滤波单元的作用是滤波开关纹波，保证有源电力滤波器对外部电网不产生高频干扰。图 3 所示为 A-APF 系列有源电力滤波器采用 LCL 滤波的效果图。从图中可知，网侧电感电流的开关纹波几乎完全衰减。

4. 实际应用案例

宁夏联通某机房楼因大量 UPS 等设备的应用，导致谐波污染严重，进而电容补偿柜寿

命降低，发生过电容鼓胀漏油等现象。为解决现场遇到的电能质量问题，安装了 A-APF 有源电力滤波器进行治理，治理后电流波形畸变消除，同时也解决了其谐波导致的设备损坏问题，至今变压器及其下游设备运行安全稳定。图 4 所示为治理效果图。

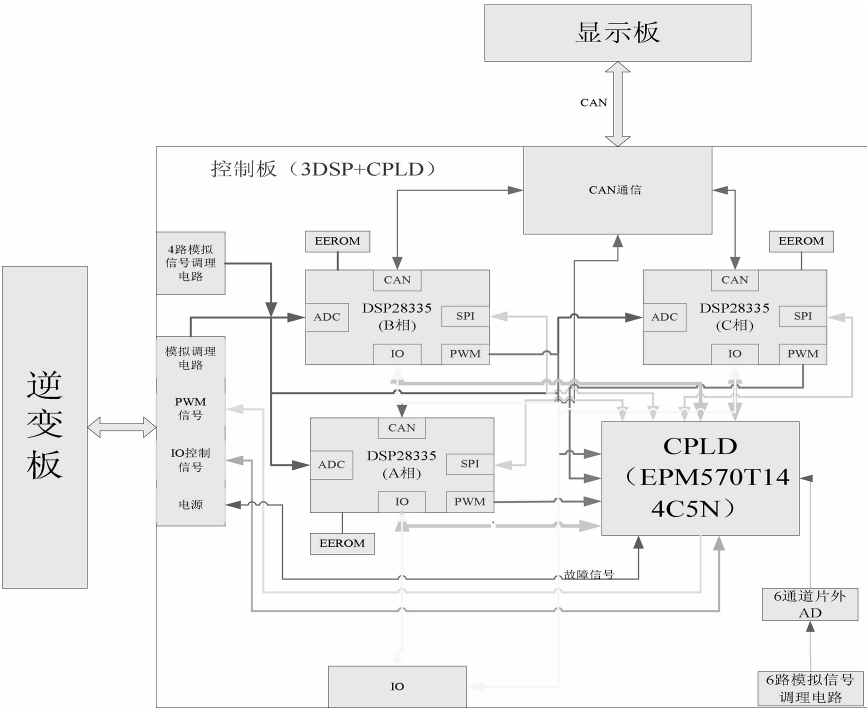


图 2　控制系统的框图

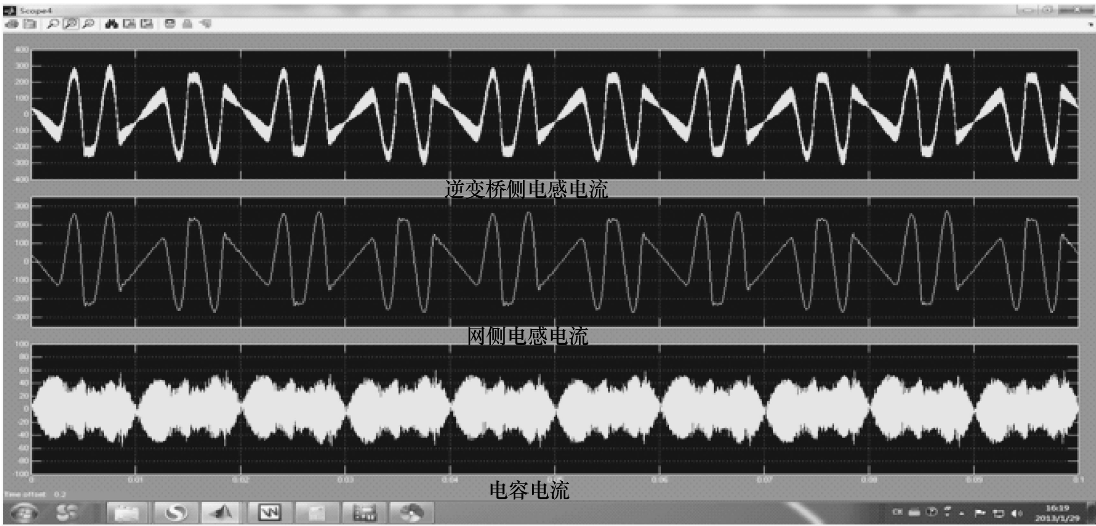


图 3　LCL 滤波效果图

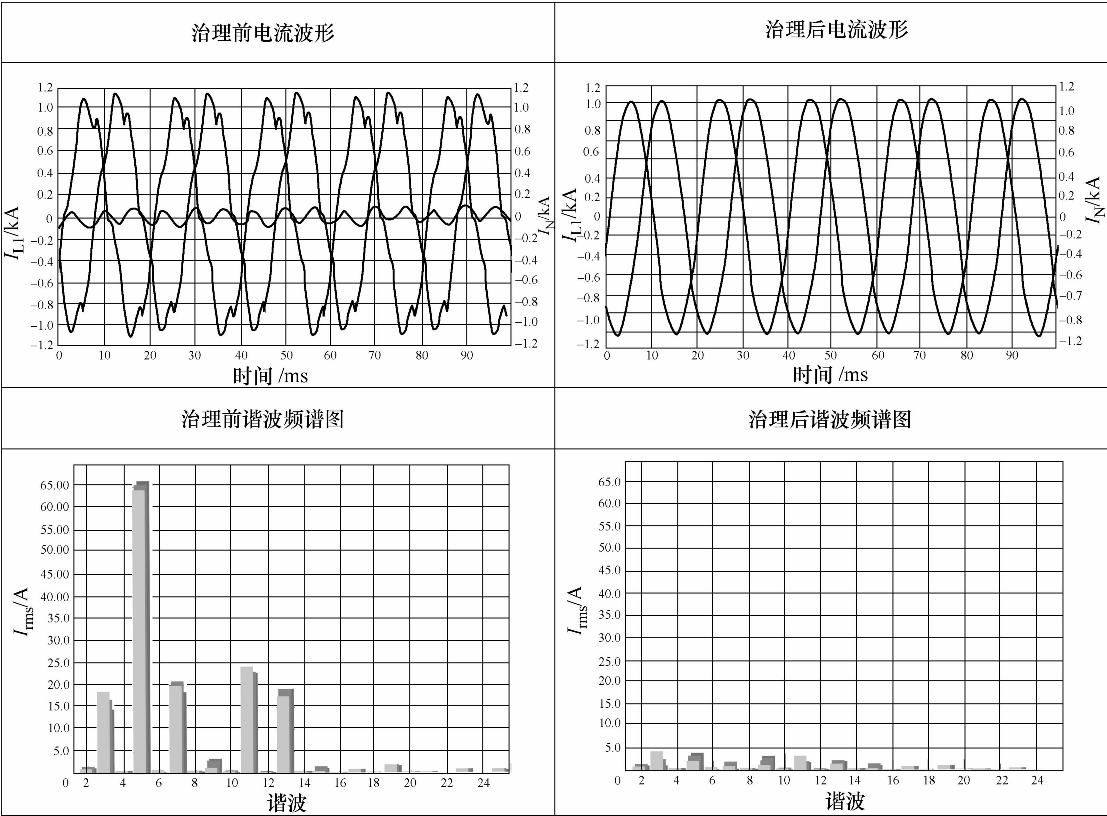


图4　治理效果图

（作者：南京亚派科技实业有限公司　李刚）

FA55　基于物联网技术的用电采集通信解决方案

（CS46　思科系统（中国）网络技术有限公司）

1. 概述

中国的智能电网包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度共六个环节。其中，作为最后1km的用电网络连接着所有最终用户的用电终端，是电能使用和用电信息采集的重要通道，是电网的重要组成部分。用电信息采集是电网公司效益回收的保障。同时，实时、准确的用电信息数据是电网运行决策的基本数据保障，是引导居民用电行为的通信渠道，以及绿色用电的关键技术支撑。因此，用电信息采集通信平台的好坏，直接关系到电网公司的经济效益、稳定运行和绿色环保。

2. 用电信息采集通信网络现状和需求

在现有智能电网架构下，用电服务系统主要实现用电信息采集，支持与用户测的信息交互和需求管理。目标是实现计量管理的自动化，从而解决目前存在的一系列用电管理难题，如线损高、人工抄表效率低、电费结算实时性差，中小动力用户的监控、防窃电、限电等，

最终通过引导用户的用电习惯，实现“削峰填谷”，促进电网安全、稳定、经济、环保的运行。用电信息采集系统主要管理大量的末端单元——电能表，因此具有如下特点：

1）业务节点多、覆盖面广、地理位置分散；

2）运行环境差；

3）总信息量大，单点容量小；

4）运行维护量大、管理难度大。

上述用电采集业务特点导致用电采集通信网络组网的复杂性和难度。目前中国电网用电信息采集通信网络主要由两部分组成：下行采集网络连接智能电能表和集中器，以及上行回传网络连接集中器和主站系统。两部分网络各自采用不同的组网技术：

1）下行采集网络：PLC、RS485、无线自组网。

2）上行回传网络：GPRS/CDMA。

经过几年的建设和使用，用电信息采集网络暴露出了以下一些问题：

首先，目前的下行采集网络，无论采用何种通信底层技术，都还是厂家的私有协议，各种技术无法互通、无法实现统一管理。

其次，由于采用非标准化非开放协议，需要增加通信前置机、网关等设备实现协议的转换和数据包的解析和再封装。导致整体架构的扩展性差、运维复杂。

再次，由于中间增加了非隧道化的运营商通道以及通信前置机，无法实现从末端智能电能表到采集主站服务器的端到端可视网络连接。用电信息采集通信平台是由一段段的网络连接而成。虽然应用层可达，但网络层无法实现端到端互通。这样，给管理运维带来巨大麻烦，无法实时监测到每一个智能电能表的状态。

最后，GPRS/CDMA 技术是租用运营商的网络，虽然可以不受有线光缆的限制，但存在长期投入大和不可管理的问题。尤其是 GPRS/CDMA 的通信费用每个省级公司一年的费用都要几千万，数目巨大，长期下来造成极大浪费。

因此，如何搭建一个基于标准化开放协议的、端到端可视易管理的、扩展性好的、运维使用成本低的用电采集网络对于电网公司建设未来智能电网具有重大意义。

3. Cisco 基于物联网技术的用电采集通信解决方案

（1）方案体系架构

数量巨大的配用电终端决定了未来的智能电网将是世界上最大的一张物联网，作为智能电网的支撑平台，通信网络至关重要。Cisco 基于已有的先进 IP 网络技术基础，投资研发物联网技术架构，为智能电网搭建下一代基于物联网技术的用电采集通信网络。

Cisco 物联网架构是专门为电力行业用电信息采集通信平台定制的解决方案。为电力企业提供了一套安全、可靠、可扩展、易管理的通信架构。方案架构如图 1 所示。

Cisco 解决方案采用两层架构：

1）下行采集网实现智能电能表的接入，通过无线自组网络或 PLC（窄带低压电力载波）自组网络两种技术汇聚到工业级汇聚路由器 CGR1240，解决电能表覆盖的问题。根据小区的具体情况可以灵活选择无线自组网技术还是 PLC 技术，并且采集网络中无需部署采集器、集中器等非标准化设备，大大提高了网络的可靠性。

2）上行回传网络，实现台区到主站的互连。由汇聚路由器 CGR1240 通过 GPRS/CATV/电力专网等多种技术链接主站系统。由于 CGR1240 支持无线汇聚和 PLC 汇聚，并且单台 CGR1240 可以支持 5000 个电能表的接入。因此可以根据台区的位置，实现多个台区汇聚到

一台 CGR1240，从而大大减少租用公网的比例，最终实现运行费用的大幅降低。

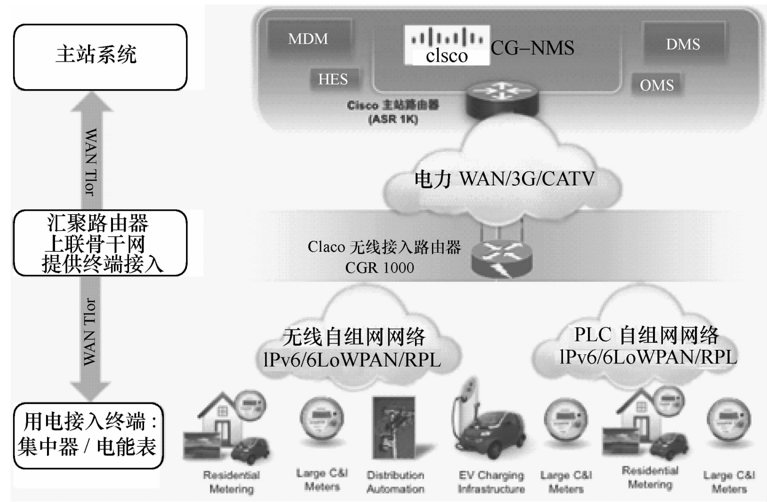


图 1　思科用电通信解决方案架构

（2）Cisco 物联网方案技术架构特点

1）Cisco 物联网方案完全采用标准、开放的协议：尤其在物理传输层上重点考虑用电采集网络的环境特性，采用了专为智能电网设计的 IEEE802. 15. 4g 标准和兼容性更强的 IEEE1901. 2 PLC 标准，满足用电采集网络环境复杂的要求，如图 2 所示。



图 2　思科物联网通信标准

2）基于 IPv6 的物联网：智能电能表节点数量巨大，传统 IPv4 地址空间已经无法满足实际需求。基于下一代互联网技术的 IPv6 地址空间完全可以满足智能电网未来的发展需求。并且，IPv6 地址支持“零配置”，减少电能表部署的复杂操作。

3）端到端 IP 网络：Cisco 物联网架构下的用电采集网络，每一块智能电能表都将具有一个 IPv6 地址，汇聚路由器 CGR1240 通过 IPsec VPN 隧道技术利用运营商或电力专为建立直连的用电采集网络连接主站。主站系统可以通过 IP 协议直接与电能表通信，无需经过前置机的协议转换，大大提高了通信效率、系统扩展性和可管理性。

4）支持灵活的物理层技术选择：思科物联网方案支持两种业界主要的物联网通信技术：无线自组网和 PLC 自组网。如图 3 所示，汇聚路由器可以同时汇聚采用 PLC 和无线两种不同通信技术的台区集抄网络。

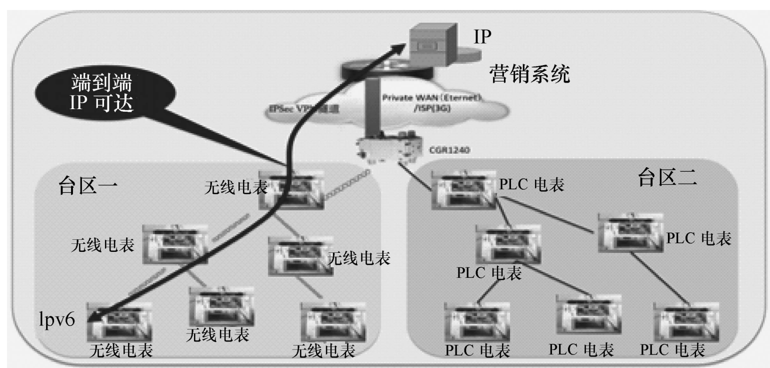


图 3　思科用电采集 IPv6 网络

5）采用 IETF 标准物联网技术 RPL 实现电能表的路由：物联网中的节点（如智能电能表），由于 CPU、内存、通信链路的稳定性以及供电等多方面的限制，传统 IP 路由协议（如 RIP/OSPF 等）是无法满足要求的。因此，IETF 组织针对物联网的特点研发和制订了 RPL 协议（RFC6550）实现物联网中各节点的路由。Cisco 方案采用标准的 RPL 协议实现电能表之间的路由。

6）扩展能力强大：Cisco 物联网方案中汇聚路由器 CGR1240 单台可以支持 5000 个电能表终端的接入。其中，每个无线终端可以经过 8 跳无线接力链接到汇聚路由器 CGR1240。

7）多层次安全防护：Cisco 物联网方案在终端接入上支持 802.1X 访问控制、MD5 数字证书的身份验证；并且通过高强度加密算法实现链路的安全加密，保证数据安全传输。

8）可靠的通信架构：Cisco 物联网组网过程自动完成，现场无需人工设置参数。网络具有冗余的数据传递路径，使得网络本身具有高可靠性。路由协议 RPL 可以根据智能电能表的 CPU/内存状态、节点间的通信链路状况、延迟、无线传输功率等进行链路选择，并自动实现故障切换，保证网络的可靠性 。

9）优秀的可管理性：Cisco 物联网用电采集方案可以通过 Cisco CG-NMS 管理软件对全网设备包括采用自组网技术的终端设备进行统一的端到端的可视化管理。可以监控到每个终端的状态，包括是否在线、性能、网络丢包情况和延迟功能。第一时间实现故障告警，极大地减少了网络故障时间。

（3）Cisco 物联网方案产品组成

Cisco 解决方案由三部分组成（见图 4）：

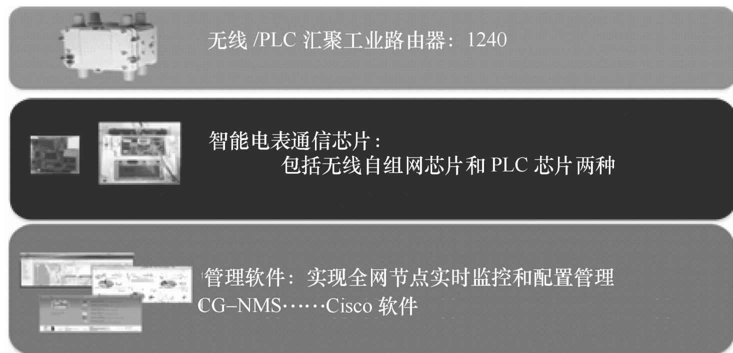


图 4　思科方案产品组成

1）汇聚设备 CGR1240 路由器，实现数据回传。硬件设备完全采用工业级设计标准，满足 IEEE1613 和 IEEE61850 标准，满足配用电环境的需求。

2）智能电能表通信芯片，嵌入智能电能表，实现电能表的数据采集。

3）Cisco CG-NMS 网管软件，实现全网端到端的管理，帮助电力企业用户可以直接通过网络管理软件管理每一块智能电能表终端，实现全网智能电能表通信层面的可视化管理。

4. 结束语

通信平台是用电信息采集系统的保障，用电采集通信网络直接影响用电系统的高效可靠运行以及未来的无缝扩展。Cisco 基于物联网技术用电采集网络方案为电力用户提供了一套端到端网络化的、可管理的最后 1km 解决方案。主要体现在如下几个方面：

1）解决了通信协议标准化的问题；

2）搭建了一个基于 IPv6 开放协议的通信平台，实现了主站系统和智能电表的端到端 IP 直接通信；

3）极大简化了网络架构，无需采集器、集中器和前置机，提高了系统的扩展能力；

4）多种物联网底层通信技术的汇聚可以实现多个台区的汇聚，有利于减少了运营商的租用费用；

5）端到端的可视化通信管理，利用 CiscoCG-NMS 网管软件可以集中实时监测和管理所有电能表，大大降低了运维复杂度；

6）基于 IPv6 的物联网技术为智能电网搭建了坚实的用电侧通信基础平台。

（作者：思科系统（中国）网络技术有限公司　邹松鹤）

FA56　智能电网超低损耗光纤通信方案

（CS24　康宁（上海）光纤有限公司）

1. 概述

智能电网是将先进的传感量测技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力技术相结合，并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。国家电网公司主导建设的坚强智能电网以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础，以通信信息平台为支撑，具有信息化、自动化、互动化特征，覆盖从特高压到配网等所有电压等级的一体化融合的现代电网。

由于光纤通信的抗电磁干扰能力强，传输容量大，衰耗小等诸多优点，以成为智能电网通信系统最主要的通信媒介。目前的电力通信信息平台建成了以光纤通信为主的“三纵四横”的电力通信主干网络，实现了电网数据管理、信息运行维护综合监管、电网空间信息服务以及生产和调度应用集成等功能；在配网方面通过电力光纤到户等技术推动智能小区、智能城市的发展，提升人们的生活品质。

本公司结合坚强智能电网建设中的超长跨距通信，应用超低损耗光纤来延长无中继传输距离方法，设计了一种光纤解决方案。该方案不仅能节省大量的建设资金和运行维护费用，还能减少电路故障环节，从而增加电力通信线路的稳定性和安全性，提高电网运行的可靠

性。另外智能电网建设中架空输电线路设计对 OPGW 外径有着十分苛刻的要求，利用 200μm 光纤在原有结构的 OPGW 中增加光纤芯数，使光纤数量增加 1/3 以上，缓解光纤使用紧张的问题。

2. 超低损耗光纤延长无中继传输距离

传统 G. 652 光纤通过在纤芯中掺锗的方式来提高纤芯的折射率，与二氧化硅的包层材料间形成折射率差，以保证入射光在单模光纤中满足全反射的传播条件。光纤的损耗主要来自于光纤材料的瑞利散射损耗和吸收损耗。由于掺锗元素的存在，引起较高的光纤瑞利散射，导致光纤的衰减无法降低，因此传统 G. 652 光纤最低衰减为 0. 18 ~ 0. 19dB/km。采用纯硅芯单模光纤，可减小瑞利散射引起的衰减，实现光纤损耗进一步降低至 0. 15dB/km。康宁公司在 2009 年推出了满足 G. 652 规范的 SMF-28 ® ULL（以下简称 ULL，或超低损耗）纯硅光纤。其在 1550nm 附近典型衰减为 0. 165dB/km，是衰减最低的 G. 652 光纤。ULL 光纤能有效地提高网络冗余及光信噪比（OSNR），在实际应用中可以支持更长的传输距离，减少中继站或放大器的使用，为电网安全、优质、经济、高效运行提供可靠支撑。

（1）超低损耗光纤实现超长无中继传输

超长距无中继传输通常需要结合 EDFA 放大器，拉曼放大器等技术来延长传输距离，常用的 G. 652D 光纤，在 1550nm 处衰减一般为 0. 20dB/km，因此整个系统的传输距离在 300km 左右。目前的特高压交流线路中继站直接的距离一般都为 300 ~ 400km，常规 G. 652D 光纤无法传输这么长的距离，或者在特殊环境下无法提供更高的冗余。应用超低损耗光纤结合拉曼放大器覆盖大部分特高压线路的传输要求如图 1 所示。

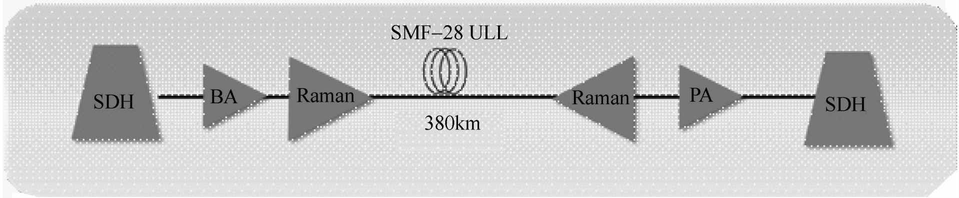


图 1　利用超低损耗光纤实现超长无中继传输

超低损耗光纤最早在国内有着“电力天路”之称的青藏直流联网工程开始应用。该光纤通信工程起于格尔木换流站，止于拉萨换流站，光缆线路全长 1038km，共设有 6 个中继站，其中最长中继段为翻越唐古拉山口沱沱河至安多段，距离为 295km。该段平均海拔超过 5000m，自然环境恶劣，地质条件复杂，极端最低温度低于零下 50℃。为保障系统的安全运行，对线路的衰减余量提出了更高要求，因此需要采用超低损耗光纤等多种先进技术。2011 年 8 月该光纤通信系统成功开通，超低损耗光纤的使用降低了运行维护费用，提高了通信系统的可靠性。青藏联网工程超低损耗光纤 OPGW 竣工测试数据见表 1。

表 1　竣工测试数据表（安多光发送功率为 16dBm）

纤芯	沱沱河收/dBm	总衰耗/dB	平均衰耗/(dB/km)
损耗最大的纤	-38. 76	54. 76	0. 180542
损耗最小的纤	-37. 12	53. 12	0. 174983

注：24 根纤芯平均衰减为 0. 1774。

从上述结果可见，工程施工（光缆铺设、光纤熔接等）完成后 0. 177dB/km（常规光纤一般为 0. 20 ~ 0. 22dB/km）的衰减使得整体系统性能大幅提高，并为恶劣的环境变化和维

护留下了余量，同时也能从容地应对未来网络技术的升级。目前为止，该系统已经在青藏线路上成功运行近三年时间，在线衰减检测系统的数据显示，超低损耗光纤在长期恶劣的天气条件下仍能保持最低的衰减，保障了系统的稳定、安全运行。目前已有多个电力通信项目使用了超低损耗光纤实现超长跨距传输，包括“电力天路”青藏直流±400kV 联网工程，“疆电外送”新疆与西北主网联网第二通道 750kV 工程，“西电东输”哈密-郑州±800kV 高压输电工程等，玉树与青海主网 330kV 联网工程。这些工程的跨距为 330～366km。据测算，在不使用遥泵的情况下，结合超低损耗光纤、FEC，前后向拉曼技术可以实现最长 380km 的超长站距传输。

（2）超低损耗光纤代替拉曼放大器

在坚强智能电网骨干网架的建设中存在很多跨段，其传输距离小于 300km。目前常用的解决方案是常规光纤结合拉曼放大器的方式。拉曼放大器具有较低的噪声系数和宽的光谱范围，提供大概 6～8dB 等效光功率预算，可显著延长系统传输距离。但拉曼放大器需要较高的泵浦功率，因此存在安装维护麻烦，功率消耗较大，设备成本较高等缺点。超低损耗光纤和普通光纤相比，在 250～300km 的跨段上，损耗小（6～9dB），对应于 6～9dB 的光功率预算。因此在传输距离上可以等效于拉曼放大器的作用。而超低损耗光纤是一种无源设备，敷设完成后，不需要后续的维护投入，而且故障率低，因此是一种绿色环保、性能可靠的解决方案。其示意图如图 2 所示。

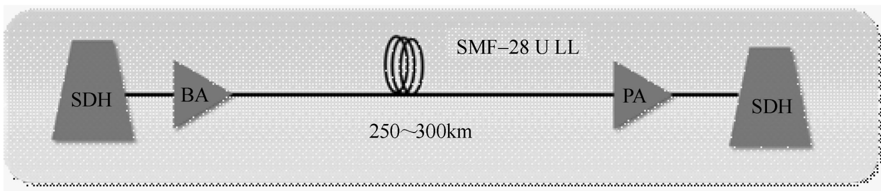


图 2　利用超低损耗光纤，代替拉曼放大器实现 250～300km 宽度传输

从初期投资成本看，因为光纤是一次性投资，而拉曼放大器是随着业务量的需要而逐步开通，因此在比较初期投资成本的时候需要考虑线路开通拉曼放大器的数量。据电力设计院和国网信通分公司等部门测算，新建线路（24 芯 OPGW 光纤为例），如果需要开通 2 对拉曼放大器，采用超低损耗光纤的初期投资成本和采用拉曼放大器的成本接近，如果考虑后期的运行和维护成本，超低损耗光纤的实际成本更低。如果线路业务需要开通 3 对或以上的拉曼放大器，使用超低损耗光纤可以节约可观的初期建设成本，如果 12 对全部开通，仅投资成本这一块就可以节约近 400 万元，而且低维护成本和高可靠性也会产生巨大的经济效益（见图 3）。

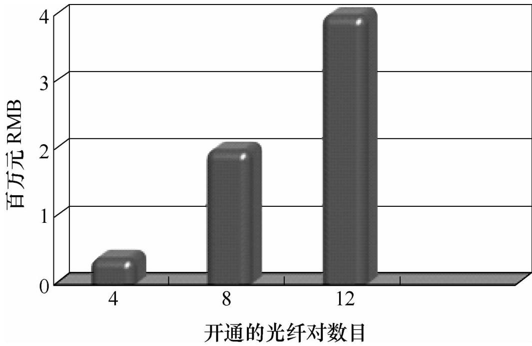


图 3　SMF-28ULL 光纤节约的成本

3. 200μm 小外径光纤提高 OPGW 光缆内的光纤容量

电力通信中 OPGW 是常用的通信线缆，光纤放置在中间的不锈钢管中。工程应用中架空输电线路的结构设计对 OPGW 外径有严苛的要求，不锈钢管的尺寸不能轻易变动。然而在电力通信的某些应用中需要在不增加光缆外径的情况下增加光纤的数量。例如，当一条新建的超高压主干线路需要利用现有线路对光纤进行“T 接”时，现有线路中的光纤芯数可能不能满足“T 接”要求，而杆塔结构又不允许增加 OPGW 外径。这种情况下可考虑利用 200μm 小直径光纤在原有结构的 OPGW 中增加光纤芯数，以满足光纤 T 接需求。另外一些省级以下的电力光纤通信网中，由于各种原因造成目前的光纤通道十分紧张。如果在新的线路设计时采用 200μm 光纤，可增加光纤数量为后续发展留有充分的余地。

200μm 光纤的出现主要为了解决城市光缆管道资源紧张、光纤芯数需求量大的矛盾。将光纤的外径由标准的 245μm 减小至 200μm，可以实现减小光缆外径的目的。小外径光纤的结构从图 4 所示，其玻璃结构和普通光纤保持一致，主要是改进原有涂覆层的性能，以减小涂覆层的尺寸。考虑到减小光纤的涂层外径后，光纤容易受微弯损耗的影响，需要通过优化光纤结构，提高光纤抗弯特性来弥补，目前各大光纤生产厂提供的 200μm 光纤主要采用弯曲不敏感的 B6（G657A1、G657A2）光纤。

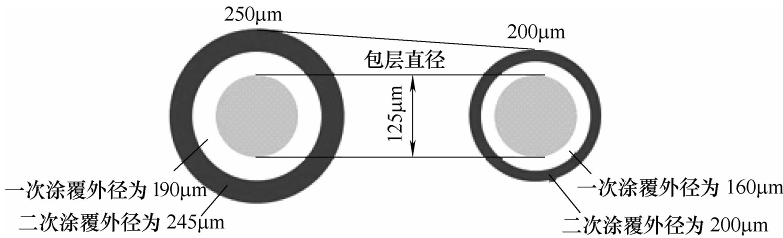


图 4　200μm 光纤和普通 250μm 光纤的结构

G. 657 光纤通常采用减少光纤的模场直径的方式提升光纤抗弯能力，因此此类光纤的模场直径通常为 8. 6 ~ 8. 8μm，和通用的 G. 652D 的模场直径（9. 2μm）有较大差异，这种差异会带来两个方面的问题：①有效面积较小，因此传输性能会受到影响；②和 G. 652D 熔接时，会带来较大的熔接损耗。这些都会影响到用户的使用。康宁公司在 2013 年推出了 SMF-28 Ultra 光纤，这种光纤同时满足 G. 652D 和 G. 657 的标准，既有低损耗的特性，又具有很好的弯曲特性，特别适合制作成 200μm 的小直径光纤。Ultra 光纤的另外一个重要的特点是模场直径和现有 G. 652D 光纤完全一致，解决了单向熔接损耗的问题，保证了良好的传输特性（见图 4）。

为了验证 200μm 光纤在电力通信的实际线路中的性能，我们采用 G657A1/200μm 光纤的 OPGW 进行了测试，将光纤芯数由原来最大容纤量 24 芯增加至 36 芯，测试结果表明 OPGW 样品各项性能优异，光缆内光纤传输性能、力学性能和环境性能都满足标准要求。因此 200μm 外径光纤可在外径不变的情况下增加光纤芯数，或在芯数不变的情况下减小外径，是一种特别适合电力架空光缆如 OPGW、ADSS、OPPC 设计，满足电力通信应用需求的光纤方案。

（作者：康宁（上海）光纤有限公司　陈皓）

2.14 电能质量

FA57 无功补偿和谐波抑制的综合解决方案

（CS40 上海追日电气有限公司）

1. 概述

众所周知，无功功率和电网谐波对电力系统存在着很多不良的影响甚至是危害。对于用户来讲，无功补偿和谐波抑制都是必需的，无功补偿采用电力电子产品补偿，虽可以获得较好的无功补偿效果，但是成本太高，不够经济。电容器（无源）补偿则是无功补偿有效且经济的方法；对于谐波抑制来讲，用纯粹的无源电容、电抗的方法来抑制谐波，有着种种的缺点，如不能跟随负荷谐波频率和大小的变化，补偿容量也不可调节。滤波效果也不够好。所以大多数情况下谐波抑制一般采用有源电力滤波器。

而现在很多用户现场不仅存在较大的无功功率，还存在着严重的谐波电流畸变。而市场上还很鲜见能同时补偿无功功率和滤除谐波的有效经济的设备。可能有的用户为现场分别购置了诸如智能投切电容器之类的无功补偿装置和有源滤波器，但这也不是有效的解决方案。

2. 系统组成

追日电气在业界率先推出了 ZMAF 智能模块式混合滤波补偿装置，给用户提供了谐波抑制和无功补偿的最佳的解决方案，如图 1 所示。

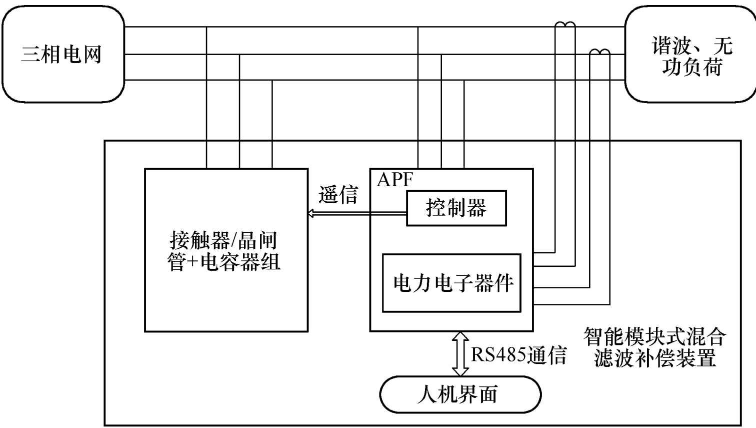


图 1 谐波抑制和无功补偿方案示意图

（1）有源电力滤波器

系统中配有一台有源电力滤波器，其中包括控制器、电力电子器件、电容、电抗等。

（2）电容器

采用若干组电力电容器，用来补偿无功功率。通过控制晶闸管或者接触器的通断，来投入或切除电容器组。一般还采用串接电抗的方法，抑制谐波电流对电容的影响。

（3）人机界面

采用友好的人机界面，对系统进行综合控制，为操控人员提供良好易用的操作环境。

3. 系统功能

（1）无功补偿

有源电力滤波装置的控制器（下称“控制器），设计有负荷电流、输出电流等信号采集与处理电路，负责对电流进行采样。并对负荷电流进行无功提取，以提取到的无功电流的大小，作为判断投入电容器数量的依据。

当检测到负荷电流中含有感性无功电流时，控制电容器组的投入，以提高功率因数。当有容性无功电流时，就切除投入的电容器，以调节功率因数，维持电网功率因数最高。这样有源电力滤波器的控制器就集成了功率因数控制器的功能。

（2）谐波抑制

控制器根据预设的谐波提取算法，实时检测负荷电流中的谐波电流，并控制电力电子等器件，发出预定的补偿电流，实现滤除谐波的功能。

本装置可以同时就用电负荷中产生的谐波电流、感性无功电流进行补偿。达到提高功率因数和降低电网电压、电流 THD 的目的。

4. 关键设备描述

（1）有源电力滤波器

系统采用追日电气自主研发的 ZAPF 三相三线、四线有源电力滤波装置，其采用当前先进的模拟逻辑方式消除电网谐波，实时检测电网中由非线性负荷产生的电流波形，动态产生反向谐波电流，以补偿负荷谐波电流。具有响应速度快、滤波范围广、滤波效率高、不受系统参数影响以及体积小等优点，达到改善用电质量，降低电网损耗、提高供电利用效率和带负荷能力的目的，是最理想的滤波产品。

（2）电力电容器

系统每组电容器补偿容量为 60kvar，采用两个 30kvar 的电容器并联，在 400V 系统电压下，可给每相提供近 70A 的无功电流补偿能力。

（3）人机界面

系统采用工业级人机界面，有如下特点：

1）7in 显示屏，高清晰电阻式触屏；

2）65536 色 TFT，分辨率最高可达 1024 ×600 像素；

3）超大程序容量，最高可达 82MB；

4）造型时尚现代化，内置高质感 MP3/WAV/MIDI 音效功能；

5）提供标准型和网络型机型，分别整合 SD 卡、Ethernet 接口、满足用户的不同需求；

6）支持 USB 上下载，可连接打印机和 U 盘；

7）具有宏指令精灵，使宏指令使用更方便。

5. 系统主要参数

1）控制方式：全频谱 + FFT；

2）补偿次数：H50 次内可选；

3）谐波滤除率：>90%；

4）响应时间：10 ~20ms；

5）补偿后功率因数：>0.98。

6. 系统特点

1）提供更大的补偿容量，只要恰当分配有源和无源部分比例，都能满足现场负荷的需

要，达到令人满意的补偿效果。

2）相对于常规无源智能电容器补偿装置，本装置提供更宽的补偿范围和更优补偿效果，达到了无级调节效果。

3）相对于常规的无源智能电容器来说，有源部分能为电容器组提供更理想的运行环境。

4）同市场上常规有源滤波装置相比，本装置提供更大的补偿容量。

5）较市场上分离式有源、无源补偿装置，本装置占用更小空间。

7. 实际运用情况

追日电气 ZMAF 智能模块式混合滤波补偿装置，专门针对低压配电系统而设计，融合了动态无源补偿技术和有源滤波补偿技术，具有补偿容量大、滤波范围广、滤波效果好、实时跟踪和响应的特点，可高效滤除负荷谐波，抑制系统振荡，提高电网的稳定性，同时取得明显的为节能降耗变压器增容的效果。该设备实现集成控制单元一体化，无功补偿器和滤波器采用一个控制单元，操作界面简单易用。

目前我公司这一产品 150 多台设备已经大量应用于中国建设银行（武汉）灾备中心工程；50 多台应用于青岛园艺博览会工程。另外，这一设备还在山东东营港、河北昌黎等地使用，且均得到了用户的认可。

（作者：上海追日电气有限公司　杨翀）

FA58　动态混合无功补偿系统解决

（CS22　江苏方程电力科技有限公司）

1. 概述

近年来，随着经济与科技的迅猛发展，各种精密、复杂的用电设备已在人们的日常生活及工业生产中得到迅速的普及，特别是电力电子产品的广泛应用，在给人们的生产、生活带来便利的同时，也给配电网的安全、可靠、高质量供电带来了巨大的挑战。解决了配电网问题，也就在很大程度上解决了整个电网的电能质量问题。采用先进的基于柔性交流输电（FACTS）技术的高新技术产品做支撑，可有效解决目前配电网中存在的主要问题，遏制大量分布式新能源接入带来的负面影响，实现配电网的高供电可靠性和良好的供电质量。

2. 系统功能

QFC 动态混合无功补偿装置是基于柔性交流输电技术，通过晶闸管联合接触器按指令投切电容器组，并由 IGBT 功率单元按控制指令发出无级平滑可调的从感性到容性无功电流。变流单元与电容器组单元通过统一协调系统控制，从而实现混合补偿的目的。

该装置能系统地解决配电网线路无功传输损耗，抑制电压波动和闪变，可消除无功倒送，提升配电网电力供应的输送能力，使配电系统的利用效率最大化，提高配电系统的动态品质和暂态稳定性，降低分布式能源接入对配电网的影响。装置采用模块化设计，集成度高，运行维护方便，具有响应速度快、补偿精度高、单体成本合理等特点。智能运行安全、稳定可靠，为配网需求侧提供洁净高效的电能，广泛适用于配电系统以及工矿企业等领域，

对使用非线性负荷、频繁启停负荷设备的企事业单位最为受益。

同时，装置可根据需要附加配电、计量、监测等功能单元，形成计量出线混合补偿装置。该装置集配电、计量、监测、无功补偿于一体，并具“三遥”功能，实现了信息化和智能化，是智能配电建设的首选产品。

3. 系统组成

图 1 所示为动态混合补偿装置，它结合了变流单元与电容器组单元两大补偿单元。

变流单元控制系统由内环控制器和外环控制器两部分组成，内环控制器的基本任务是产生一个同步的驱动信号，从而在变流器的输出电流和无功指令之间建立一种线性关系。外环控制器则用于提供内环控制器所需的无功功率参考值。对于变流单元控制系统的设计，内环和外环控制系统的电压、电流反馈，结合 PID 调节方式，最终达到控制电流输出的目的。此种控制方法具有较强的鲁棒性，且有较好的动态控制效果。

电容器组单元采用晶闸管联合接触器控制，结合“过零”投切控制，减小投切时产生的过电压和涌流。晶闸管与接触器联合控制还可有效降低了晶闸管的发热损耗。

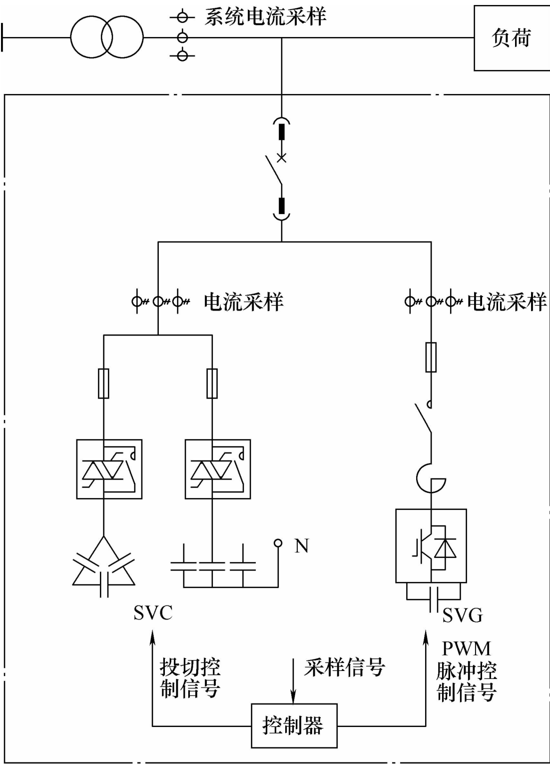


图 1　QFC 动态混合无功补偿装置一次系统方案

从图 2 中可知，变流单元与电容器组单元协调控制过程中，变流单元在其可调范围内可被视为一个快速可控的无功源，用于对无功需求中的动态部分做出及时反应，并且在稳态情况下保留足够的动态可控无功储备。当系统的无功需求瞬间发生剧烈变化时，装置首先由变流单元快速改变其输出，以对无功功率进行快速、动态、连续地补偿，同时提供对接入点电压的动态支撑和稳态调整，从而改善系统的动态和稳态性能，抑制无功功率振荡。当扰动导致系统进入新的稳态工作点后，装置再投入或切除适当数量的电容器组，以承担由变流单元所卸下的部分无功负荷。这样就使得混合补偿装置的变流单元与电容器组单元在统一调配下，既相互协调配合，又各自相对独立工作，既能满足不同的无功补偿需求，又能提高运行的装置灵活性和响应速度。

4. 技术特点

1）具备瞬时响应能力，响应时间不大于 5ms，可在瞬间响应系统无功补偿需求，可有效抑制电压闪变或者波动；

2）能够实现从感性到容性动态连续调节，补偿平滑无阶跃，不会产生欠补偿、过补偿；

3）控制精度高，补偿效果好。补偿后 $0.95 < \cos\varphi \leqslant 1$。

4）无功补偿、谐波治理、三相负荷不平衡，控制目标灵活可选，谐波畸变率小于 5%，

三相负荷不平衡电流小于10A；

5）控制单元、功率单元模块化设计，集成度高，电磁兼容性好，抗干扰能力强，结构稳定；

6）采用大容量SVC与小容量SVG通过统一协调控制，具有良好的动态特性和稳态性能。

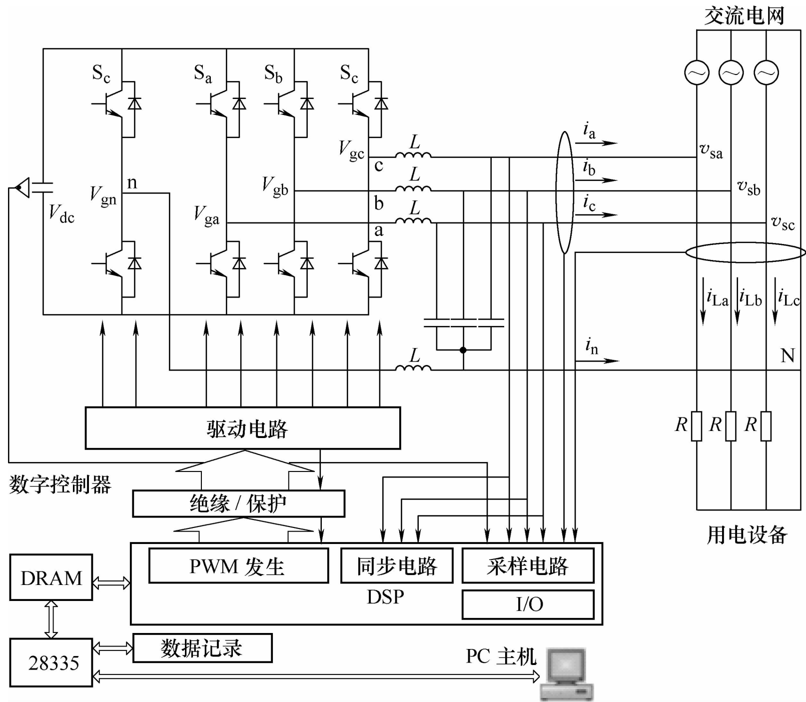


图2 变流单元控制原理示意图

混合补偿装置响应速度快、精度高，具有无功功率吞吐功能，无功功率输出连续平滑可控及较高的动态特性和暂稳态特性；抗干扰能力强、发热小，完全能满足配网无功、谐波及不平衡状态等需求的调节要求（见表1）。

表1 性能比较

类　　别	TSC 型 SVC	SVG	动态混合补偿装置
响应速度	慢	快	快
控制	简单	复杂	复杂
补偿方式	分级	连续	连续 + 分级
补偿范围	容性	从容性到感性	从容性到感性
补偿精度	差	高	高
电压波动抑制能力	差	强	强
三相负载有功平衡功能	无	无	有
谐波抑制功能	无	无	有
使用寿命	短	长	长
性价比	低	中	高

5. 应用情况

自2012年6月动态混合无功补偿装置在上海市电力公司科技项目“低压台区柔性无功

补偿方案研究”中获得成功应用以来，混合补偿装置先后参与了上海市供电公司配电站改造项目、国电南瑞江宁基地配电台区、河南省孟津智能台区、江苏溧水智能化农村配电台区系统等多个项目的建设应用。经并网运行数据情况显示，装置在降低线损，稳定电网电压、提高供电可靠性等方面具有显著效果。

6. 结束语

QFC 动态混合补偿装置采用科学的控制策略，合理的结构，不大于 5ms 响应速度，实现了高精度的补偿效果，有效地抑制了电压闪变，提高了供电品质。功率因数从 0.9 提高到了 0.99，配电系统负荷输送能力提升了 10%，相当于等容量工程的建设成本降低 10% 及以上。线路损耗下降 17.3%（依据中国电力网提供的计算方法）。装置功率器件采用电子开关与接触器相结合的运行方式、电容器组与变流单元优化组合，极大地延长了器件使用寿命，模块化设计，集多种功能于一体，可以减少配电系统工程建设重复项目，又可集约空间，产品的性价比高。

基于柔性交流输电技术与晶闸管联合接触器投切电容器组成的混合补偿装置，凭借其响应速度快、补偿精度高、调节范围广、补偿连续平滑、高性价比等优点，正在成为配电网无功补偿领域新的发展方向。

（作者：江苏方程电力科技有限公司　张建兴　包虎平）

FA59　0.4kV 配电动态无功补偿解决方案

（CS28　上海大华电器设备有限公司）

1. 概述

上海大华电器设备有限公司生产的 SH-SVG 型动态无功补偿装置是为解决目前 0.4kV 配电网供电可靠性、电能质量、传输效率而研制的高新技术产品。

SH-SVG 型动态无功补偿装置采用柔性交流输电（FACTS）技术结合传统无功补偿控制技术设计而成，是一种兼具瞬时补偿特性和稳态补偿特性的新型电力电子无功补偿控制装置。装置具备精确补偿及瞬时响应能力，响应时间不大于 5ms，且能够在 SVG 容量范围内实现从容性到感性的连续、平滑调节，能够解决由于冲击性负荷而引起的无功突变问题，有效地抑制电网电压由于大负荷起停或遇到故障情况而造成的闪变和跌落，提高系统输出率。此外，装置还具备滤波功能，在进行无功补偿的同时，达到抑制谐波的目的，有效解决非线性负荷、开关整流型负荷对电网的影响，延长了供用电设备使用寿命。

动态无功补偿装置基于现代电力电子技术，控制器以高性能的 DSP 芯片 TMS320F28335 为核心单元，采用柔性交流输电技术（FACTS）设计而成，是具备柔性补偿无功功率、抑制电网谐波等多项功能于一体的国内外新型电力电子控制装置。

动态无功补偿装置利用传统 SVC 无功功率补偿与 SVG 动态无功补偿相结合，实现动态无功补偿的目的。SVG 利用大功率电力电子器件经电抗器并联在电网上，通过调节桥式电路控制器交流侧输出电流，使该电路吸收或者发出满足要求的无功电流。该装置广泛适用于电力系统、工矿企业、油田、电气化铁路等行业，使供用电双方受益。

2. 系统组成

动态无功补偿装置并联安装在系统与负荷之间，装置主要由控制单元、逆变单元和连接电抗器、电容器及其投切单元组成。由控制单元负责对系统电压、系统电流、负荷电流进行量测，通过 DSP 分析计算输出相应控制指令，调节逆变单元输出电流的幅值和相位，结合直流电压与输出电流双闭环控制，获得精确、稳定、满足负荷所要求的电流。同时通过控制电容器的投切，实现 SVC 与 SVG 的协调控制，达到补偿无功的目的。装置原理示意图如图 1 所示。

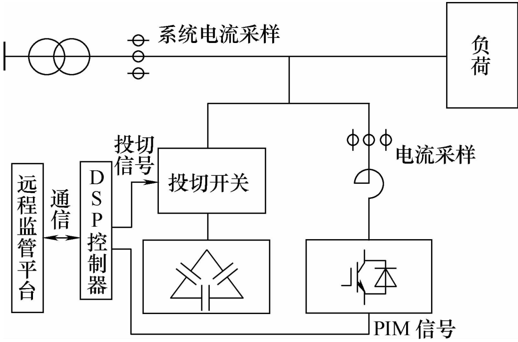


图 1　装置原理示意图

3. 使用条件

1）安装点电压：0.4（1 ±10%）kV 频率：50Hz；

2）工作环境温度：－20 ~40℃；

3）相对湿度：≤90%（25℃）短时允许 100%；

4）海拔：≤2000m；

5）安装环境：周围介质无爆炸危险物，无足以损坏绝缘及腐蚀金属的气体，无导电尘埃；

6）装置通常应用于 0.4kV 系统中，也可通过变压器耦合应用于 6 ~35kV 系统。

4. 技术指标（见表 1）

表 1　SH-SVG 型动态无功补偿装置技术条件

额定电压	0.4kV
工作频率	50Hz
补偿方式	SVC + SVG
单台容量	最大 360kvar
无功补偿	补偿后功率因数大于 0.95，适合容性或感性的各类负荷
过负荷保护	自动限流在 100% 额定输出
通信	RS485 通信接口、标准 Modbus 通信协议
多台运行方式	并联运行
壳体防护等级	IP40 或根据用户需求定制
外形尺寸（宽×深×高）	1000mm×800mm×2200mm
环境	室内安装，洁净环境
冷却方式	强迫风冷

5. 功能特点

1）实时提供超前或滞后的无功电流，对容性或感性负荷连续补偿；

2）柔性无功补偿，可抑制电压闪变和跌落；

3）可以多台装置并联运行，扩展性强，能适应各种补偿系统的拓扑结构；

4）装置控制器抗干扰性能强、响应速度快；

5）装置运行不受电网阻抗影响，不会造成系统谐振；

6）7in 彩色 LCD 大屏幕显示界面，具有高清晰文字、图形显示功能，监测和控制人机界面友好，可根据用户需求自行设定运行模式及运行参数；

7）具有完备的保护功能，包括过负荷、过电压、欠电压、过电流、温度保护以及自诊断功能；

8）具备标准的通信协议，方便接入用户通信系统。

6. 装置操作说明

（1）装置基本操作说明

装置连接完成，做常规的检测试验后，在保证所有开关处于分断的位置情况下，方可按如下步骤投入运行。装置基本操作说明如下：

1）打开交流侧主开关 QF；

2）打开端子排上的开关 QF1、QF2；

3）按下仪表门上的“主控制电源按钮及指示”按钮，“主控制电源按钮及指示”按钮灯亮，此时装置 SVC 模块即开始正常工作；

4）按下仪表门上的“启动/停止”按钮，“启动/停止”按钮灯亮，装置内部电容器经 3s 预充电的软启动过程后，SVG 即进入工作状态。在系统无功功率较小情况下，SVG 将自动转入待机状态；

5）在人机界面“系统目录”窗口点击“操作控制”按钮，进入后在“启动/停止”按钮按出的状态下，可进行 SVC 电容投切手/自动切换。在手动状态下，单击“投入”或“切除”按钮，可进行电容投切控制。

6）“启动/停止”按钮按出，“启动/停止”指示灯灭，SVG 即退出运行；将“主控制电源按钮及指示”按钮按出，SVC 随后退出运行；

7）报警指示。遇到“蜂鸣器”发出声光报警应进行如下操作：先将“启动/停止”按钮按出，启动/停止指示灯灭；再将“主控制电源按钮及指示”按钮按出，装置工作电源按钮灯灭；

8）关闭交流侧主开关 QF。

（2）人机界面操作说明

动态无功补偿装置人机界面基于微机系统控制，通过 RS485 串行通信电缆与装置主控板 RS485 串行数据通信接口进行连接，并采用 MODBUS 标准通信协议与装置主控板进行数据交互，实现对该装置中的各项数据进行读写操作。软件采集各项数据之后，通过各种算法对数据进行加工处理，控制装置运行。用户可直接通过人机界面监控、查询及设定各项技术参数。本系统不需要使用键盘或鼠标，任何文字或数值都可通过点击触摸屏输入，如图 2 和图 3 所示。

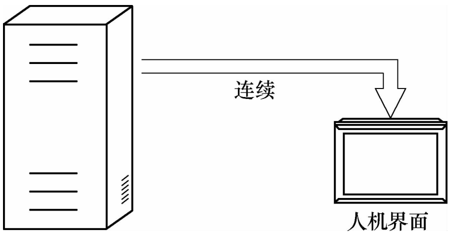


图 2　人机界面示意图

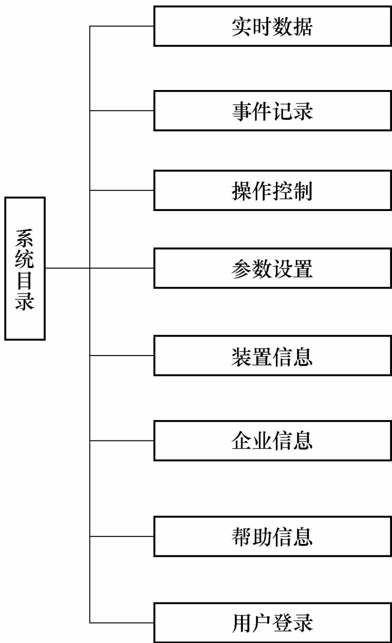


图 3　人机界面系统结构图

7. 装置的应用

SH-SVG 型动态无功补偿装置目前已经成功运行在轨道交通、铁路、港口、橡胶工业、建筑业、冶金、石化、新能源发电、游乐场等多个行业，特别是在上海市电力公司范围内的小区变电站得到广泛的应用。为提高电网的功率因数、改善电网的供电质量和使用效率，降低网络损耗做出了贡献。

（作者：上海大华电器设备有限公司　魏高聪）

FA60　低压电网谐波治理解决方案

（ABB（中国）有限公司）

1. 谐波概述

（1）谐波是什么

谐波是主电网频率的倍数。

电网频率 $f = 50\text{Hz}$

3 次谐波 $f = 50 \times 3 = 150\text{Hz}$

5 次谐波 $f = 50 \times 5 = 250\text{Hz}$

7 次谐波 $f = 50 \times 7 = 350\text{Hz}$

根据傅里叶（Fourier）定理，任何周期函数可通过一系列无限正弦项来表示，这些正弦项的频率为原始函数频率的整数倍。因此，任意非正弦周期的波形都可以分解为包括基波在内的一系列正弦波分量（见图 1），其中基波的频率相当于原始波形的周期，而其他频率为基波频率 n 倍的谐波成为 n 次谐波。谐波是正弦波，每个谐波都具有不同的频率、幅度与相角。

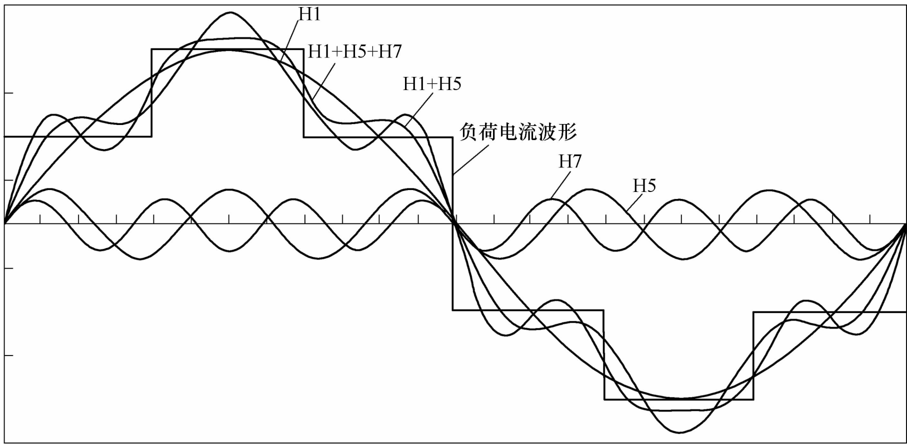


图 1　多种谐波特征表示图

（2）谐波是如何产生的

由于半导体晶闸管的开关操作和二极管、半导体晶闸管的非线性特性，电力系统的某些设备如功率转换器会比较大的背离正弦曲线波形。谐波电流的产生是与功率转换器的脉冲数

相关的。6 脉冲设备产生的谐波频率仅有 5、7、11、13、17、19…次。功率变换器的脉冲数越高，最低次的谐波分量的频率的次数就越高。其他功率消耗装置，例如荧光灯的电子控制调节器产生大强度的 3 次谐波（150Hz）。在供电网络阻抗（电阻）下，这样的非正弦曲线电流将导致一个非正弦曲线的电压降。在供电网络阻抗下产生谐波电压的振幅等于相应谐波电流和对应于该电流频率的供电网络阻抗 Z 的乘积。次数越高，谐波分量的振幅越低。

一种典型的谐波源：

三相整流设备产生的谐波电流，其谐波次数可按如下公式求得

$$N = f_n / f_1 = K \times P \pm 1$$

式中，f_n 为谐波电流频率；f_1 为基波电流频率；N 为谐波次数；K 为 1，2，3，4，…；P 为整流设备的波头数。

例如，6 波头的整流器将产生 5，7，11，13 …次谐波。

其谐波电流值可按如下公式求得

$$I_n = I_1 / N$$

式中，I_1 为基波电流值；I_n 为 N 次谐波的电流值，N 为谐波次数。

下列是一些产生谐波的非线性负荷：

1）应用于 UPS 蓄电池充电器等中的静态整流器；

2）用于电动机控制的电力电子设备（交流、直流、变频调速器）；

3）计算机电源；

4）电视机电源；

5）电弧炉；

6）饱和变压器；

7）带有电子镇流器的荧光灯；

8）现代照明系统；

9）焊接装置；

10）感应加热炉；

11）通信设备；

12）机床（CNC）；

13）电子控制机构。

（3）谐波的危害

在电网中谐波会带来如下危害：

1）过热；

2）增加功率损耗；

3）接地故障保护功能失常；

4）遥控系统失常；

5）干扰电子设备；

6）仪表显示错误；

7）控制和继电保护误动作；

8）降低设备使用效率，如荧光灯照度下降，变压器和电缆载流量减少；

9）减少设备使用寿命和维修保养周期；

10）损坏电容器；

11）功率损耗增加；

12）产生附加磁场；

13）变压器、电缆、电动机等设备发热、噪声大、老化加快、寿命缩短；

14）断路器可能误动作等。

（4）谐波对电力变压器的影响

谐波电流使变压器的铜损增加，引起局部过热、振动、噪声增大、绕组附加发热。谐波电压引起的附加损耗使变压器的磁滞及涡流损耗增加。

（5）谐波对电缆的影响

谐波污染会使电缆的介质损耗、输电损耗增大，泄漏电流上升，温升增大，干式电缆的局部放电增加，引发单相接地故障的可能性增加。谐波对供电线路产生了附加损耗。由于集肤效应和邻近效应，使线路电阻随频率增加而提高，造成电能的浪费；由于中性线正常时流过电流很小，故其导线较细，当大量的三次谐波流过中性线时，会使导线过热，损害绝缘，引起短路甚至火灾。

（6）谐波对电容器的影响

电网中谐波对电容器的影响非常大，严重影响了电容器的使用，造成功率因数无法正常补偿，及降低电容器的使用寿命。对于谐波来说电容器的回路阻抗较低，且与频率成反比，也就造成高频率的谐波会被电容器吸收；另外整个系统会有谐振的危险。

下面是并联谐振（见图2）及串联谐振（见图3），并联谐振谐波源在自身，而串联谐振谐波源来自电网。

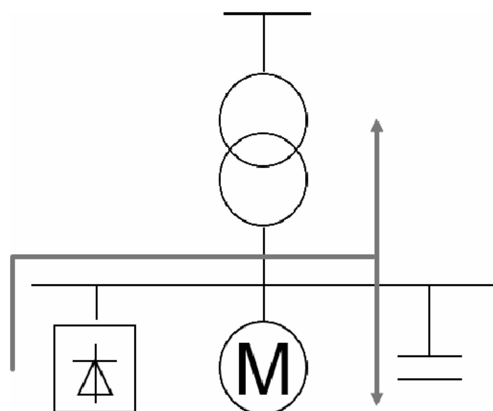


图2　并联谐振

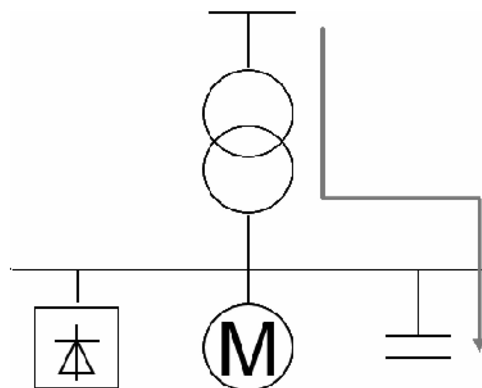


图3　串联谐振

谐波引起的电力事故在国内外都屡见不鲜，举例如下：

1989年3月，由于加拿大魁北克电网系统中地磁感应电流，引发系统主变过励磁并产生大量谐波，造成SVC电容器组过负荷，SVC保护动作，系统电压失稳，进而导致整个魁北克电力系统崩溃。

1991年，在意大利阿尔卑斯山地区发生两次类似的电力事故，一次是一个2MW直流驱动的双缆滑雪缆道工程的验收测试，引起电网瘫痪，原因是当地20kV电网容量相对较小，谐波电流引起18%的电压畸变。

在美国，中西部电网也曾发生过负荷事故，因为谐波含量较高，部分导致调速系统故障，虽没有超过额定容量，但仍引起了主变失控。

在国内，20 世纪 80 年代，湖北黄石大冶钢厂在生产过程中由于谐波的影响，引起附近电厂机组剧烈振动。

甘肃白银供电局所属 110kV 变电站供电气化铁路运行时，由于产生 11 次谐振，引起 110kV 母线电压畸变 4% 左右，11 次谐波电压含量达 2.2%。另外，谐波引起的开关重燃、继电保护误动作或拒动以及并联电容器鼓肚、爆炸等电力事故更是时有发生。

1993 年 2 月 12 日，河南某地区曾发生电气化机车产生的谐波“污染”引起 220kV 线路高频保护误动，导致多条线路跳闸，造成很大的经济损失和不良的社会影响。

2. 关于谐波的相关标准和规范

衡量谐波量大小的主要参数总谐波畸变率 THD 为

$$\mathrm{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2} C_k^2}}{C_1}$$

IEEE 制定了 519 标准。该标准认定建筑物中其他敏感设备决定了电压畸变可以接受的程度。IEEE519 针对不同类型建筑，定义了不同的限制标准（见表 1）。

表 1　IEEE519 总谐波电压畸变标准

应用类型	总谐波畸变 THD
敏感性应用：机场、医院、电信设施	3%
一般应用：办公大楼、学校	5%
专用系统：工厂	10%

国际电工委员会（IEC）在文献中制定了单次谐波电压的兼容水平，即最大容许值。当各次谐波电压低于文献规定的限值时，总的谐波电压畸变不超过 8%。该规定兼顾了供电系统与制造商的共同利益。

GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》中规定，公共连接点（PCC）上全部用户向该点注入的谐波电流允许值（见表 2）。

表 2　注入公共连接点的谐波电流允许值

标称电压/kV	基准短路容量/MVA	谐波次数及谐波电流允许值/A															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24	11	12	9.7	18
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13	6.1	6.8	5.3	10
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	3.7	4.1	3.2	6.0
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7	2.2	2.5	1.9	3.6
66	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0	2.3	2.6	2.0	3.8
110	750	12	9.6	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7	1.7	1.9	1.5	2.8

相关参考标准：

1）电气电子工程师协会标准 IEEE 519；

2）英国及亚洲标准 G5/3；

3）中国标准 GB/T 14549—1993；

4）国际电工委员会标准 IEC 61000-2-2。

3. 谐波的抑制及治理方法

1）增大系统的供电容量和电缆、开关等；

2）变压器以不同的方式连接，如 DYn11；

3）尽量减小低次谐波的产生，如用 12、24 脉冲整流等；

4）并联抗谐波电抗器；

5）调谐式无源滤波器（电容和电抗调谐到相应的频率）；

6）采用电力系统有源滤波器。

虽然方法很多，但是在这些方法中后两种是现在最有效的方法，在电容回路串联电抗器，可以有效地抑制谐波对电容器的影响，电力系统有源滤波器能够最大限度地滤除电力系统中的谐波，而且不受系统的影响。

典型的补偿及有源滤波器的连接如图 4 所示。

4. 应用实例

（1）工程介绍

某电信指挥楼机房供电系统中，主要谐波源为 UPS，主要谐波成分为 5 次、7 次、11 次、13 次、17 次、19 次等谐波。严重地污染了该供电电网质量，进而对用电设备产生较大危害及用电隐患。

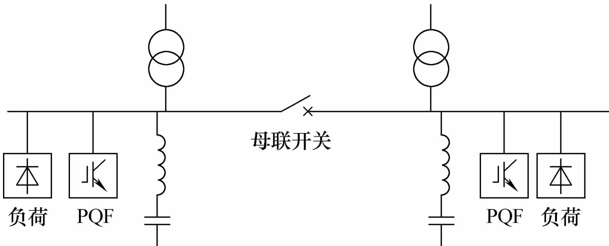


图 4　典型的补偿及有源滤波器的连接

根据实际测量及工程经验，及 ABB 公司有源滤波器选用表，选用滤波方案为，采用三相三线动态滤波器，型号为 PQFA-A，以及三相四线动态滤波器 PQFK-M10 + S10（总滤波有效值为相线 425A、中性线 600A。

（2）设备运行评估

1）ABB 有源滤波器 PQF：ABB 的电力系统有源滤波器 PQF 是目前最全面、高效的有源滤波器产品。它可以在 2 次谐波到 50 次谐波的范围内，有选择地进行滤波，并且可以设定每一种要滤除的谐波的滤波范围，滤波效率高（通常情况下高达 97%）；它采用闭环控制方式，滤波精度高；同时它能提供基于基波的相不平衡补偿和无切换的无功补偿；具备不同的工作模式设定和不同工作状态的自动切换能力。

2）设备运行状况：ABB PQF 有源滤波器能够全天候安全稳定地工作，并且不会影响系统中其他设备及电网安全。ABB PQF 有源滤波器有自检系统，在其内部发生故障时自动切换旁路，不会给外部系统造成影响。

ABB PQF 有源滤波器配备了缓慢保护和快速保护。缓慢保护是根据滤波器的工作强度及编程参数改变滤波器在线工作时的形式，确保滤波器不会过负荷及经常保持最佳滤波效果。快速保护只会在不正常的工作条件情况下启动，它可以确保滤波器工作的准确性。快速保护包括过电压、过电流、IGBT 过电流、IGBT 过热等保护功能。

3）滤波效果：ABB 的 PQF 有源滤波器能充分满足用户技术要求，滤波器滤波效果完全满足 GB/T 14549—1993《电能质量、公用电网谐波》国家标准要求。测量数据分析见表 3。

经过对测量数据进行分析对比，表明 ABB PQF 有源滤波器能充分满足用户技术要求，其具有几大优点：

①ABB 的 PQF 有源滤波器具有极佳的谐波滤波能力。

例如，在 PQF 投入后，电流总谐波畸变率 THD 由 39.3% 降到 2.1%，电压总谐波畸变率 THD 由 8.4% 降到 2.2%，A 相 5 次谐波 5th 由 163.7A 降到 7.5A，A 相 11 次谐波 11th 由 58.8A 降到 0.9A。

滤波器滤波效果完全满足合同标定的技术要求及 GB/T 14549—1993《电能质量、公用电网谐波》国家标准要求。

②ABB 的 PQF 有源滤波器具有极好的实时性和高效性。

表 3　PQF 投入前后谐波数据对比

谐波次数	相别	PQF	THDI	5	7	11	13
电流大小/A	A	未投		163.7	12.3	58.8	20.3
百分比（%）			38.4				
电流大小/A		投入		7.5	0.9	0.9	0.9
百分比（%）			1.5				
谐波次数	相别	PQF	THDI	5	7	11	13
电流大小/A	B	未投		160.6	15.2	52.6	15.8
百分比（%）			39.3				
电流大小/A		投入		6.0	1.8	1.2	1.2
百分比（%）			2.1				
谐波次数	相别	PQF	THDI	5	7	11	13
电流大小/A	C	未投		157.8	13.5	52.0	14.5
百分比（%）			38.9				
电流大小/A		投入		4.0	1.0	0.8	0.8
百分比（%）			2.2				

通过附件中滤波效果图，可以看出 ABB PQF 有源滤波器反应时间极短，实时滤波的效果非常好。

③PQF 有源滤波器具有极好的应用灵活性。

对每相各次谐波进行独立监测和滤波，由测量结果看出每相都取得了很好的效果。

5. 结束语

通过以上的分析我们知道，谐波作为电力系统的三大公害之一，已经严重的影响了现代电力系统的电能质量；在现代的电力系统中，抑制及有效的清除治理谐波，变得越来越重要了，这不仅仅是为了保证自身系统的安全、稳定运行，同样也减少了向电网中注入谐波，这是一种社会责任。

从上面的实例我们可以看到，在现有的治理谐波的方法中，ABB 的有源滤波器 PQF 能够非常安全、可靠、高效的滤除系统中的谐波。

因此，ABB 的有源滤波器 PQF 是目前最全面、高效的有源滤波器产品，是治理低压电力系统谐波的最佳选择。

（作者：ABB（中国）有限公司　王学会）

FA61　智能箱变/公用配变无功补偿和电力滤波综合方案

（CS04　安徽华祝电气技术有限公司）

1. 概述

随着变频电器、节能电器、开关电源、整流器及微波炉等设备的日益推广，电网中绝大多数负荷呈现非线性，谐波含量日益增高；部分家电或办公设备对电能质量的要求较高；国家乃至全球节能降耗的呼声越来越高；单相负荷中负序电流和零线电流比重较大，导致电缆烧毁。采用合理的技术路线实现此类负荷的无功补偿、有源电力滤波、抑制电压波动与闪变是当前较为紧迫的一个任务，电能质量管理基本流程如图 1 所示。



图 1　电能质量管理基本流程

LE-DSTATCOM-400V-4L 低压配电静止同步补偿器（见图 2）具有动态无功补偿、有源滤波、抑制电压波动及闪变等综合功能，可提高功率因数为 1.0，降低网损，提高电网运输能力，改善电能质量。



图 2　LE-DSTATCOM-400V-4L 外形

2. 主要特点

（1）分相、连续补偿，功率因数稳定为 1.0

LE-DSTATCOM 同步补偿器，具有分相、连续调节无功功率的能力，将功率因数稳定为 1.0，且降低系统不平衡度。

（2）动态补偿，改善电能质量

LE-DSTATCOM 具有小于 10ms 的动态响应速度，

可以消除冲击性负荷引起的电压波动与闪变，改善电能质量，确保电气设备正常工作（大部分电气设备或仪器对工作电源的电能质量有严格的要求）。

（3）增大配变负荷能力，降低网损

通过采用 SVG 无功补偿，可实现电网中无功功率“零传输”，降低系统损耗。在不增容的情况下，可增加配变带负荷能力。

（4）有源滤波，延长配电设备寿命

LE-DSTATCOM 除补偿无功外，具备有源电力滤波功能，可完全滤除配电系统中的特征谐波，降低变压器电负序电流和谐波电流，降低变压器损耗和减少电气设备危害。另外，DSTATCOM 使用寿命可达 5 ~ 8 年，而电源中的高谐波有可能引起电容器爆炸，并且还会损坏柜体内其他设备。

（5）电能质量（PQS）远程实时监控

LE-DSTATCOM 装置具有全电力参数及谐波监测、分析和记录功能，配置有电力远动规约和通信接口，可实现电能质量远程实时监控。

3. 对比分析

DSTATCOM 与智能电容器、抗谐电容器（LC）的对比分析。

1）智能电容器：平均使用寿命 1 年左右；在高谐波环境下经常被烧毁；纯容性设备（没有串联抗谐电抗器）经常放大谐波，恶化电能质量；不能实现电力滤波功能；不能满足冲击性负荷（电容器第二次投入需要满足放电时间）；不能抑制电压闪变；维护成本高。

2）抗谐电容器（LC）：一般串联 7% 电抗器（三相），不能实现单相补偿；不能实现电力滤波功能；也不能满足冲击性负荷（电容器第二次投入需要满足放电时间）；不能抑制电压闪变。

3）DSTATCOM：平均寿命 5 年以上；不怕谐波，不放大谐波；具有有源滤波；动态响应（<10ms）快，可抑制电压闪变；可单相、连续补偿；SVG（4L）与抗谐电容器 LC（3L）组合，实现了较好的性价比。

4. 技术特点

1）3H 桥结构，分相、独立补偿；

2）主控制器采用 DSP + FPGA，确保了采样和处理速度；

3）采用国际知名品牌的牵引级、大功率 IGBT 元件，确保装置性能；

4）采用大功率风冷散热器和工业级风扇；

5）配置断路器、熔断器等保护元件，软件上配有多重保护功能，确保装置的可靠性；

6）属于电流源（非阻抗特征），装置并网不影响系统参数，不会引起谐振，能承受谐波干扰；

7）可根据需要滤除 3 ~ 13 次谐波电流；

8）并网后自动运行，在线监测，自动诊断，不需人为操作；

9）支持 RS232 接口，配置配变监测专用协议，方便接入配变监控系统。

5. 技术参数

（1）额定电压：220V，25%；

（2）额定频率：50Hz ±5Hz；

（3）滤波能力：75 ~ 100A；

（4）逆变器容量：75kvar、125kvar；

（5）拓扑结构：3H 桥；
（6）补偿方式：分相、独立补偿；
（7）响应时间：≤10ms；
（8）工作方式：连续工作；
（9）自身损耗：<1.5%；
（10）柜体结构：箱变或 JP 柜；
（11）（逆变器）本体尺寸：750mm×350mm×450mm（长×宽×高）。

6. 拓扑结构（见图 3）

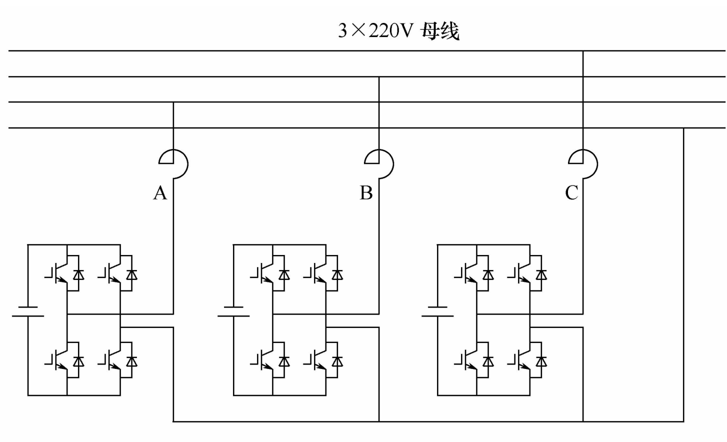


图 3　拓扑结构

7. 电气一次示意图（见图 4）

8. 工程注意事项

1）本方案取消了传统的“电容分补”支路，利用 SVG（4L）的“分相、连续、快速（<10ms）”调节特性，调节波动、不平衡无功需量，“避免或减少”电容支路投、切次数，防止电容器烧毁；

2）共补支路则采用 TSC（晶闸管投、切 LC 支路），串联 7% 抗谐电抗器，减少投切涌流和谐波对电容器干扰；

3）有源滤波功能可根据实际需要选用，增大逆变器的配置容量即可。

4）针对三相四线制（4L）公用配电系统，根据供电公司设计惯例，分相补偿容量不能小于总补偿容量的 1/3。

5）LE-DSTATCOM-4L 静止同步补偿装置的主开关：

①SVG 主断路器需配置电动操作机构，用于逆变器软起动控制和过电流保护；

②TSC 补偿支路需配置总断路器，提供过电流保护，且方便独立检修。

9. 选型与配置

典型配置方案见表 1 和表 2。

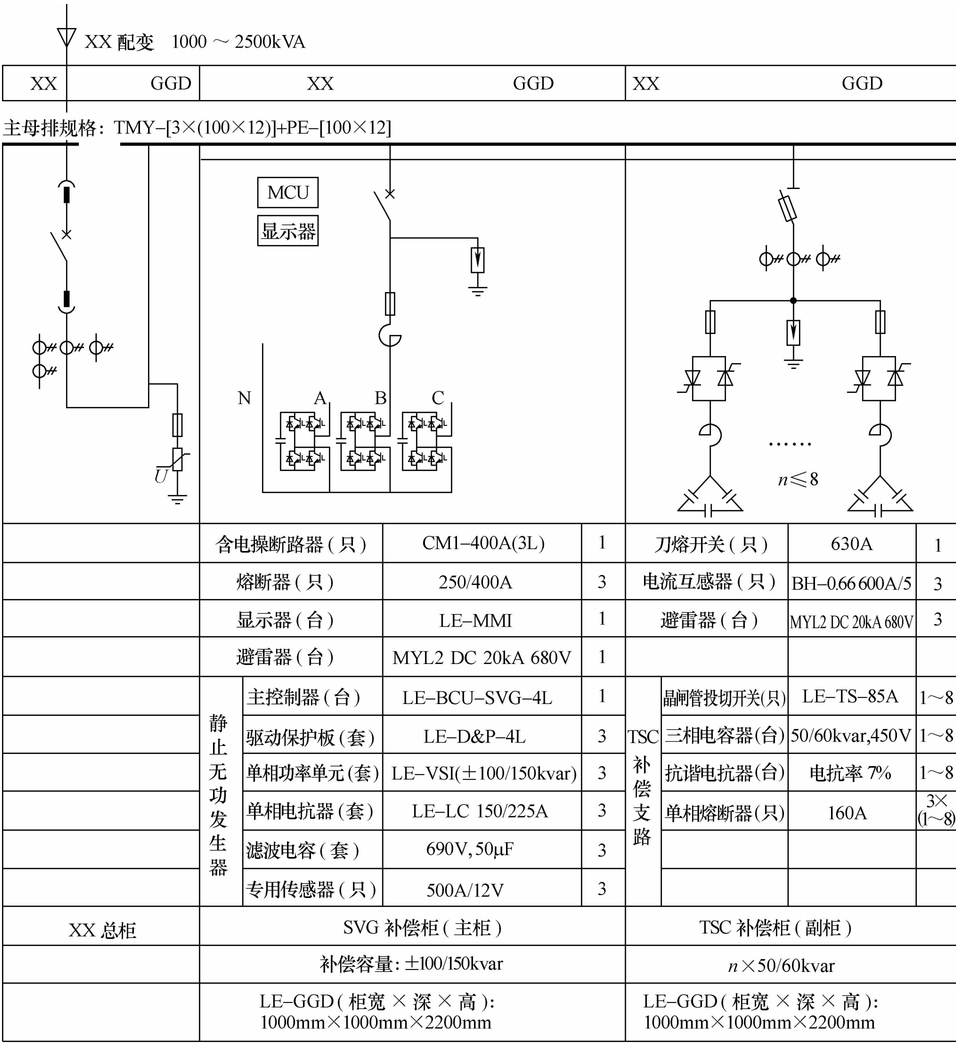


图 4　一次线路图

表 1　500kVA～630kVA 箱变：（75kvar）SVG＋（2×50kvar）TSC

类别	序号	名　　称	型　　号	数量
SVG 主体	1	主控制器	LE-MCU	1
	2	显示器（可选）	LE-MMI	1
	3	驱动保护板	LE-D&P-4L	3
	4	单相功率单元	LE-VSI（75kvar）	3
	5	单相电抗器	LE-LC110A	3
	6	熔断器	200	3
	7	断路器（含电操）	CM1-250A（3L）	1
	8	专用传感器	200A/12V	3
LC 支路	9	三相电容器	50kvar，450V	2
	10	抗谐电抗器	电抗率 7%	2

（续）

类别	序号	名　　称	型　　号	数量
LC 支路	11	晶闸管开关	LE-TS-3L-85A	2
	12	刀熔开关	300A	1
柜体及辅材	13	电流互感器（可选）	600A/5	3
	14	电流表（可选）	600A/5	3
	15	电压表（可选）	AC450V	1
	16	非标柜体	XX	1
	17	二次、铜牌及辅材		1

表 2　800kVA ~ 1000kVA 配变：（125kvar）SVG +（4 × 50/60kvar）TSC

类别	序号	名　　称	型　　号	数量
SVG 主体	1	主控制器	LE-MCU	1
	2	显示器	LE-MMI	1
	3	驱动保护板	LE-D&P-4L	3
	4	单相功率单元	LE-VSI（75kvar）	3
	5	单相电抗器	LE-LC 110A	3
	6	熔断器	300	3
	7	断路器（含电操）	CM1-400A（3L）	1
	8	专用传感器	200A/12V	3
LC 支路	9	三相电容器	50 ~ 60kvar，450V	4
	10	抗谐电抗器（可选）	电抗率 7%	4
	11	晶闸管开关	LE-TS-3L-85A	4
	12	刀熔开关	600A	1
柜体及辅材	13	电流互感器	600A/5	3
	14	电流表（可选）	600A/5	3
	15	电压表（可选）	450V，AC	1
	16	非标柜体	GGD：1000mm × 1000mm × 2260mm	1
	17	二次、铜牌及辅材		1

（作者：安徽华祝电气技术有限公司　彭明鸿）

FA62　低压无功补偿解决方案

（CS01　ABB（中国）有限公司）

1. 无功补偿概述

无功补偿是借助于无功补偿设备提供必要的无功功率，以提高系统的功率因数，降低电能的损耗，改善电网电压质量。从电网无功功率消耗的基本状况可以看出，各级网络和输配电设备都要消耗一定数量的无功功率，尤其是以低压配电网所占比重最大。为了最大限度地减少无功功率的传输损耗，提高输配电设备的效率，无功补偿设备的配置，应按照“分级

补偿，就地平衡”的原则，合理布局。

（1）低压配电网无功补偿的方法

1）随机补偿：随机补偿就是将低压电容器组与电动机并接，通过控制、保护装置与电机同时投切。

2）随器补偿：随器补偿是指将低压电容器通过低压接在配电变压器二次侧，以补偿配电变压器空载无功的补偿方式。

3）跟踪补偿：跟踪补偿是指以无功补偿投切装置作为控制保护装置，将低压电容器组补偿在大用户 0.4kV 母线上的补偿方式。适用于 100kVA 以上的专用配变用户，可以替代随机、随器两种补偿方式，补偿效果好。

（2）无功功率补偿容量的选择方法

无功补偿容量以提高功率因数为主要目的时，补偿容量的选择分两大类讨论，即单负荷就地补偿容量的选择（主要指电动机）和多负荷补偿容量的选择（指集中和局部分组补偿）。

1）单负荷就地补偿容量的选择的几种方法。

①美国：$Q_c=(1/3)P_e$。

②日本：$Q_c=(1/4\sim1/2)P_e$。

③瑞典：$Q_c\leqslant\sqrt{3}U_{elo}\times10^{-3}(\mathrm{kvar})I_o$ − 空载电流 $=2I_e(1-\cos\varphi_e)$。

若电动机带额定负荷运行，即负荷率 $\beta=1$，则：Q_o 根据电机学知识可知，对于 I_o/I_e 较低的电动机（少极、大功率电动机），在较高的负荷率 β 时吸收的无功功率 Q_β 与激励容量 Q_o 的比值较高，即两者相差较大，在考虑导线较长，无功当量较高的大功率电动机以较高的负荷率运行方式下，此式来选取是合理的。

按电动机额定数据计算：

$$Q=k(1-\cos2\varphi_e)3U_eI_e\times10^{-3}(\mathrm{kvar})$$

式中，k 为与电动机极数有关的一个系数（k 值为 0.7、0.75、0.8、0.85、0.9）；极数为 2、4、6、8、10。

考虑负荷率及极对数等因素，按上式选取的补偿容量，在任何负荷情况下都不会出现过补偿，而且功率因数可以补偿到 0.90 以上。此法在节能技术上广泛应用，特别适用于 I_o/I_e 比值较高的电动机和负荷率较低的电动机。但是对于 I_o/I_e 较低的电动机额定负荷运行状态下，其补偿效果较差。

2）多负荷补偿容量的选择

多负荷补偿容量的选择是根据补偿前后的功率因数来确定。

对生产企业欲提高功率因数，其补偿容量 Q_c 按下式选择：$Q_c=K_mK_j(\tan\varphi_1-\tan\varphi_2)/T_m$，式中：$K_m$ 为最大负荷月时有功功率消耗量，由有功电能表读得；K_j 为补偿容量计算系数，可取 0.8～0.9；T_m 为企业的月工作小时数；$\tan\varphi_1$、$\tan\varphi_2$ 是指负荷阻抗角的正切，$\tan\varphi_1=Q_1/P$，$\tan\varphi_2=Q_2/P$；$\tan\varphi$（UI）可由有功和无功电能表读数求得。

对处于设计阶段的企业，无功补偿容量 Q_c 按下式选择：

$$Q_c=K_nP_n\ (\tan\varphi_1-\tan\varphi_2)$$

式中，K_n 为年平均有功负荷系数，一般取 0.7～0.75；P_n 为企业有功功率之和；$\tan\varphi_1$、$\tan\varphi_2$ 意义同前。$\tan\varphi_1$ 可根据企业负荷性质查手册近似取值，也可用加权平均功率因数求得 $\cos\varphi_1$。多负荷的集中补偿电容器安装简单，运行可靠、利用率较高。

（3）无功功率补偿的效益

在现代用电企业中，在数量众多、容量大小不等的感性设备连接于系统中，以致电网传输功率除有功功率外，还需无功功率。如自然平均功率因数在0.70～0.85之间。企业消耗电网的无功功率约占消耗有功功率的60%～90%，如果把功率因数提高到0.95左右，则无功消耗只占有功消耗的30%左右。减少了电网无功功率的输入，会给用电企业带来效益。

1）节省企业电费开支：提高功率因数对企业的直接效益是明显的，因为国家电价制度中，从合理利用有限电能出发，对不同企业的功率因数规定了要求达到的不同数值，低于规定的数值，需要多收电费，高于规定数值，可相应地减少电费。使用无功补偿不但减少初次费用，而且减少了运行后的基本电费。

2）降低系统能耗：补偿前后线路传送的有功功率不变，$P=IU\cos\varphi$，由于$\cos\varphi$提高，补偿后的电压U_2稍大于补偿前电压U_1，为分析问题方便，可认为$U_2 \approx U_1$从而导出$I_1\cos\varphi_1 = I_2\cos\varphi_2$。即$I_1/I_2=\cos\varphi_2/\cos\varphi_1$，这样线损$P$减少的百分数为：$\Delta P\% = (1-I_2/I_1)\times 100\% = (1-\cos\varphi_1/\cos\varphi_2)\times 100\%$当功率因数从0.70～0.85提高到0.95时，由上式可求得有功损耗将降低20%～45%。

3）改善电压质量：以线路末端只有一个集中负荷为例，假设线路电阻和电抗为R、X，有功和无功为P、Q，则电压损失ΔU为：$\Delta U=(PR+QX)/U_e\times 10^{-3}$（kV）。两部分损失：$PR/U_e$→输送有功负荷$P$产生的；$QX/U_e$→输送无功负荷$Q$产生的；配电线路：$X=(2\sim4)R$，$\Delta U$大部分为输送无功负荷$Q$产生的；变压器：$X=(5\sim10)RQX/U_e=(5\sim10)PR/U_e$，变压器$\Delta U$几乎全为输送无功负荷$Q$产生的。可以看出，若减少无功功率$Q$，则有利于线路末端电压的稳定，有利于大电动机的起动。

2. ABB无功补偿方案

（1）方案介绍及基本概念

图1所示为ABB无功补偿方案，包括功率因数控制器RVC/RVT，隔离开关熔断器组OS，熔断器式隔离开关XLP，接触器UA及复合开关，电容器CLMD和电抗器R。根据实际

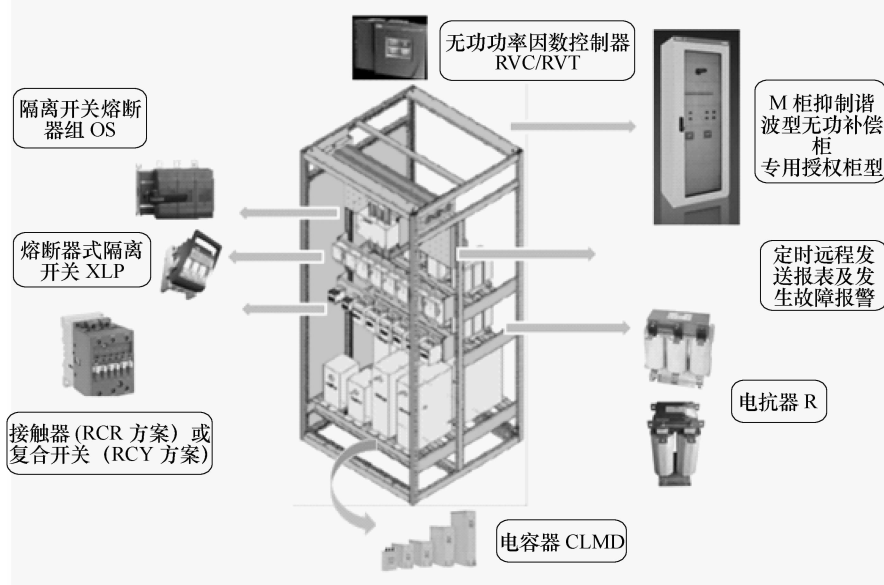


图1　ABB抑制谐波型无功补偿柜

客户及应用场合不同，有不同方案可供选择（见表 1）。

表 1　ABB 无功补偿方案客户选型表

	方案	特点	投切元件	抑制谐波	客户	应用场合
三相平衡	RC	纯电容	接触器	—	所有客户要求电网洁净	电网洁净，谐波相对少的场合
	RCR P7%	抑制谐波型 串联电抗器	接触器	5 次及 5 次以上	工业客户	适用于冶金、造纸、水泥、机房等大量使用交、直流传动及 3 相 UPS 的场合
	RCR P14%	抑制谐波型 串联电抗器	接触器	3 次及 3 次以上	商业客户	适用于写字楼、医院、商业中心、剧院、计算机中心、实验室等场合
三相不平衡	RCY	纯电容*	复合开关	—	供电局及商业客户	适用于供电住宅小区等三相不平衡的场合
	RCY 7%	抑制谐波型 串联电抗器	复合开关	5 次及 5 次以上	供电局及工业客户	适用于三相不平衡且谐波严重的场合
	RCY 14%	抑制谐波型 串联电抗器	复合开关	3 次及 3 次以上	供电局及商业客户	适用于三相不平衡且谐波严重的场合

（2）串联电抗器的使用

随着电力电子技术的广泛应用与发展，供电系统中增加了大量的非线性负荷，如变频器、UPS、计算机、电弧炉、大型轧钢机、电力机车等，由于它们均以开关方式工作的，会引起电网电流、电压波形发生畸变，从而引起电网的谐波“污染”。如系统中有谐波的存在，在电容器上增加负荷反映为对电流更高的损耗，更高的电流损耗意味着热过载，致使电容的寿命缩短。在并联电容器的回路中串联调谐电抗器是非常有效和可行的方法。串联调谐电抗器的主要作用是抑制谐波和限制合闸涌流，防止谐波对电容器造成危害，避免电容器装置的接入对电网谐波的过度放大和谐振发生。

一般情况下，系统中非线性负荷的容量达到或超过变压器容量的 25% 时，建议在补偿电容回路中串联电抗器；非线性负荷低于 15%，常规的补偿电容即可；当非线性负荷大于 60% 的情况下，就有必要使用有源滤波器抑制谐波了。

电抗系数 P 是用来表征 LC 回路中电容器和电抗器的阻抗关系的参数，即 $P = XL/XC$ 用百分数表示（常用的电抗系数有 7% 和 14%）。

7% 电抗器：主要用于抑制非线性负荷产生的 5 次及 5 次以上谐波，这些谐波主要来自三相非线性负荷（如变频器、三相 UPS 等）。所对应的非调谐频率为 189Hz，此频率介于 3 次与 5 次谐波频率之间避免系统发生谐振。

14% 电抗器：主要用于抑制 3 次及 3 次以上谐波，这些谐波主要产生于单相非线性负荷（如计算机、节能灯具等）。对应的非调谐频率为 134Hz，调整系统谐振频率到 3 次以下，避免系统发生谐振。

通过图 2 可发现，相对于 6%、5.67%、5% 等电抗器，7% 的电抗器离谐振点更远，对谐波电流的抑制能力更强，电容器更不容易过负荷，电容柜也更安全。故从保护电容、保证无功补偿装置安全运行而言，7% 的电抗器性能更优于 6%、5.67% 和 5% 等电抗器。而且，14% 电抗器性能优于 12.5% 的电抗器。当然，在相对应的目标谐波背景下，电抗系数越小

吸收谐波效果越好，但电抗器在这些场合的主要任务还是为了保护电容、保证无功补偿安全运行，解决谐波问题应当由专用滤波器来完成。谐波吸收和电容保护，对于电抗器是相互矛盾的。

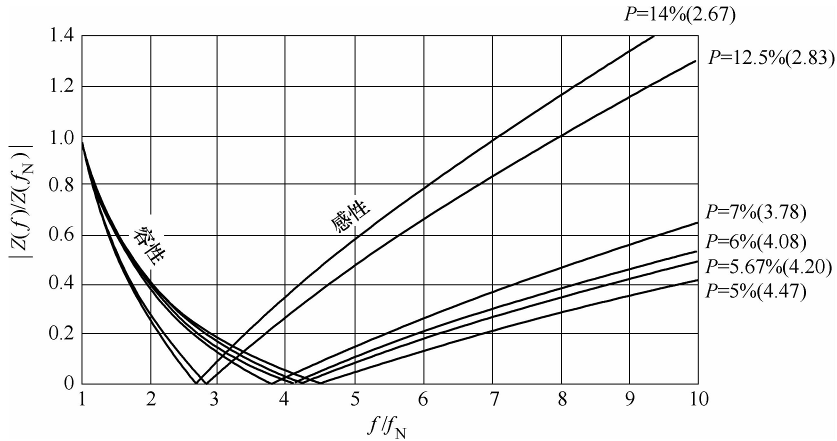


图 2　电抗-谐波频率曲线

（3）方案优势

1）提供整体方案：主要元件均为 ABB 公司制造。

2）优质的电容器：三重保护：金属外壳，蛭石，防护等级高。

可自由定制 220 ~ 1000V，2. 5 ~ 125kvar 的任何电压等级和容量的电容器。

3）功率因数控制器：全中文触摸屏界面，对谐波不敏感。

3. 工程应用实例

1）游轮案例（见图 3）

配电信息：

供电模式：两个发电机

主要负载：两套直流驱动推进系统

未安装 PQF 前运行数据：

G1:660A, G2:580A　cosφ:0.76

平均消耗：14000 ~ 15000 l/ 月

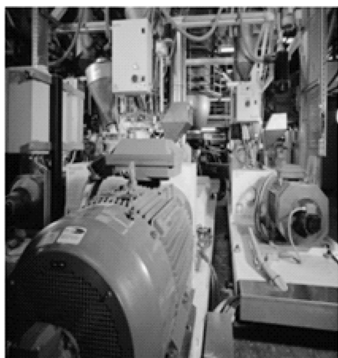
调查：安装 ABB 无功补偿以提高功率因数

图 3　游轮案例

使用 ABB 无功补偿方案后，技术问题得到解决，客户供电系统的成本下降，节约了约 10% 的燃料。

2）工业挤压生产线案例（见图 4）

使用 ABB 无功补偿方案后，平均功率因数从 0. 84 上升到 0. 92，通过在线监测电网能量消耗装置可以看出安装滤波器后有功消耗下降了 10% ~ 15% 。



客户信息：

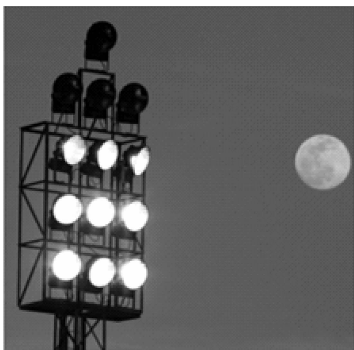
① 挤压生产线以 DC 传动为主

② 由于谐波电压造成电压波形畸变，扰乱 DC 传动控制带来了损害

③ 希望在费用方面和电缆过热方面降低在电缆与变压器中的损耗（长期）

图 4　工业挤压生产线案例

3）体育场馆照明案例（见图 5）



客户信息：

①需要更换照明装置的供电电缆（电缆过热带来额外损耗）

②需要保证系统能在单台发电机供电的情况下稳定运行，以满足国际足球机构的规则

图 5　体育场馆照明案例

使用 ABB 无功补偿方案后，线损降低 33%，发电机问题得到解决。

4. 项目案例-某烟草薄片建设项目

基于对未来发展的战略考虑，在国家烟草专卖局的支持下，该用户决定新建一条造纸法再造烟叶生产线。项目建设主要内容为，购置项目建设用地 13 万多平方米（200 亩），新建各类用房 7.47 万 m^2，配置一条 2000kg/h 的造纸法再造烟叶生产线和一条 50kg/h 的试验线，配置公用工程及其他设施。项目建设规划如图 6 所示。

该项目中，用户对电能质量提出非常严格的要求。从降低技术故障，增加生产效率和节能环保三个方面对产品进行考量。在无功补偿柜中要求分相补偿电容器和电抗器。

基于 ABB 全新的单相电抗器，ABB 已能提供完整的混合无功补偿方案（见图 7、图 8），以保证用户供电系统的功率因数能够满足供电部门的相应要求，同时 ABB 的 PQF 有源滤波器通过高效的谐波滤除能力，将各次谐波污染控制在了最低范围之内，以符合国家谐波标准的要求，帮助用户提高系统的稳定性，降低设备故障率。

ABB 混合无功功率补偿 RCY 有效的提升了功率因数，因而解决了三相不平衡问题，并降低了系统运行成本。从能耗上看，提升功率因数可有效降低系统无功功率损耗；谐波治理可有效降低系统中的谐波电流，降低损耗，延长元件寿命，降低整个电网的压力，使用户无需频繁更换元件，从根本上达到节能减排的目的。



图 6　某烟草薄片建设项目



图 7　ABB 无功补偿柜内情况之一

5. 结束语

本文对无功功率补偿技术的作用、现状及发展趋势做了较为详细的介绍，不仅有节省投资、节省电力、节省燃煤等作用，同时还可以提高电力系统设备的供电能力，改善电压质量，减少用户电费开支，延缓用户增容改造等作用。同时由实例可见，ABB 的无功补偿全套解决方案，产品齐全，且在实际项目中表现优秀，是提高功率因数，改善电网质量的首选方案。



图 8　ABB 无功补偿柜内情况之二

（作者：ABB（中国）有限公司　陈冉曦）

FA63　高采样率数字化变电站电能质量监测系统

（CS43　深圳市中电电力技术股份有限公司）

1. 概述

目前数字化变电站整体解决方案主流供应商所提供的数字互感器包括光电式互感器和电子式互感器。由于价格以及稳定性因素，纯光纤式光电互感器在电网应用较少。支柱式电子互感器的采集电流信号的采集卡需要激光功能，所以采样率一般不超过 200 点/周波。GIS 式电子互感器的电流采集卡可采用其他供能方式，采样率可以做得更高。但由于变电站保护和测控通常只需要 80 点/周波采样率，所以即便数字式互感器能提供更高采样率，也会通过在合并单元进行抽值处理，使得合并单元最终输出的采样率为 80 点/周波。而电能质量监测装置要求最低采样率为 256 点/周波，一般主流厂家都能提供 512 点/周波或更高采样率产品。如将现有合并单元输出的 80 点/周波采样值直接作为电能质量监测装置的输入存在以下问题：

1）采样频率非 2 的 N 次方，无法利用 FFT 算法计算谐波；

2）采样过程采用无频率跟踪模式，存在短范围内的频谱泄漏以及长范围内的频谱旁瓣干扰问题，导致谐波测量不准确；

3）根据采样定理，所能计算出的谐波次数不能满足实际需要和未来发展。

在电能质量监测装置中采用特定数学算法可以修正上述问题。例如通过加窗插值等软件算法修正采样过程无频率跟踪问题，通过素因子和 WFTA 相结合算法修正采样率非 2 的 N 次方的问题，通过二次采样算法来提高采样率等。这些方法都是从电能质量监测装置角度出发，并且通过软件算法来修正将导致测量结果的不确定性增加，因此并非彻底解决方法。要彻底解决互感器和合并单元输出信号采样率的问题，只有从过程层数字式互感器源头来考虑。

2012 年，广东电网公司电力科学研究院组织对数字化变电站现场调查以及互感器、电能质量监测装置厂家的调研，调研结果表明：

1）合并单元输出信号采样率主要取决于互感器，如果互感器采样率提高，合并单元采样率可随之提高；

2）目前互感器采样率低下的主要原因是二次设备没有对数字式互感器提出高采样率的需求；

3）以广东电网为例，目前110kV数字化变电站内普遍存在两种类型互感器，即电子式/光电式数字互感器（主要在110kV电压等级）和传统互感器（主要在10kV电压等级），对数字化变电站进行电能质量监测需要同时兼容数字信号和传统信号。

基于以上调研情况，为满足数字化变电站电能质量管理需要，本公司提出从数字化变电站数字式互感器层面提高采样率，从而解决数字化变电站电能质量最主要问题的整体性解决方案。

2. 数字化变电站电能质量监测系统设计

数字化变电站电能质量监测整体解决方案覆盖过程层、间隔层和变电站层，包括研发高采样率数字互感器、高采样率合并单元、数字式电能质量监测装置以及电能质量管理平台。系统架构如图1所示。该方案从提高过程层数字式互感器的采样率角度出发从根本上解决数字化变电站电能质量监测存在的最大问题。

（1）高采样率电子式互感器

本文研制的电子式互感器采用支柱型电压电流组合电子式互感器（见图2）。互感器采用电感分压原理，电流互感器采用罗科夫斯基（Rogowski）绕组和低功率绕组（low power current transformer，LPCT）组合，采样频率由采样信号发送模块控制。为提高电子式互感器采样率至512点/周波，通过增加一套独立于原有保护、计量、测控等采样绕组的采样信号发送模块以及一组专用于电能质量的低功率绕组，并提高该采样信号发送模块中采样系统的截止频率至2.5kHz。这种架构设计同时避免电能质量监测功能对原有保护、计量、测控等功能产生影响。

数字式互感器的采样率提高到512点/周波之后，能完全满足数字式电能质量监测装置的数据分析需要，同时无需再采用特殊算法对采样值信号进行修正。但采样率提高也带来高速编解码和数据完整性等额外技术问题。

（2）高速编解码和数据完整性问题

电能质量监测系统本身是一个海量数据系统。数字式电能质量监测装置直接从合并单元获取采样信号进行数据处理，必须考虑高采样率情况下海量数据的高速编解码问题，以免造成数据丢失或测量准确度下降。依据IEC61850-9-2，单个报文最大长度为：26字节以太网报头+4字节优先权标记+8字节以太网型PDU+2字节ASN.1标记/长度+2字节块的数目+46字节通用数据集+23字节状态量=111字节×8位=888位+96位帧间隔=984位。因此在合并单元提供512点/周波采样信号的情况下其带宽至少应该是

$$S_R \times T_L = (512 \times 50) \times 984\text{bit} = 24.023\text{Mbit/s}$$

式中，S_R 表示采样速率；T_L 表示最大报文长度。

在512点/周波采样率下，每两个相邻采样点之间的时间间隔为39.0625μs，则每个IEC61850-9-2报文需要在40μs内解码完成，否则可能会有采样值信号缺失。同时考虑到电能质量监测装置内部海量数据计算工作量，因此庞大数据量以及高速编解码要求对合并单元和数字式电能质量监测装置提出很高的架构要求。本文提出采用多CPU架构来分解任务流，以数字式电能质量监测装置为例，可设计：①针对每1~2回路采样信号输入，设置一个数

据采集 CPU；②针对每一个数据采集 CPU，设置一个数据处理 CPU；③设计一个主 CPU，用于控制和调度各数据处理 CPU 并负责内部数据缓存、通信等事务。图 3 是一个支持 8 个合并单元接入的数字式电能质量监测装置的硬件框架示意图。

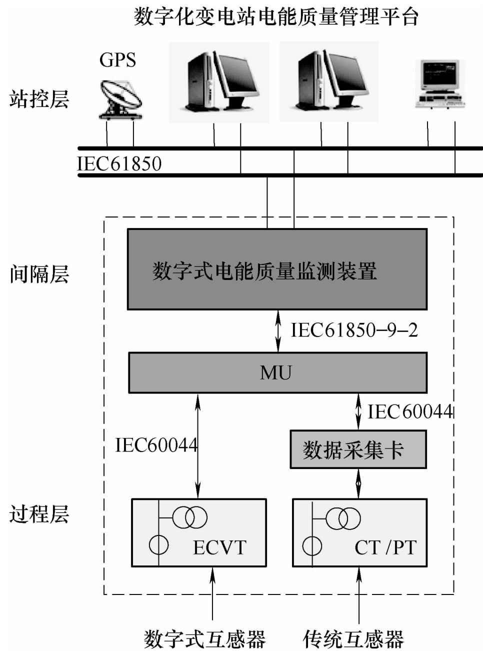


图 1　数字化变电站电能质量监测系统框图

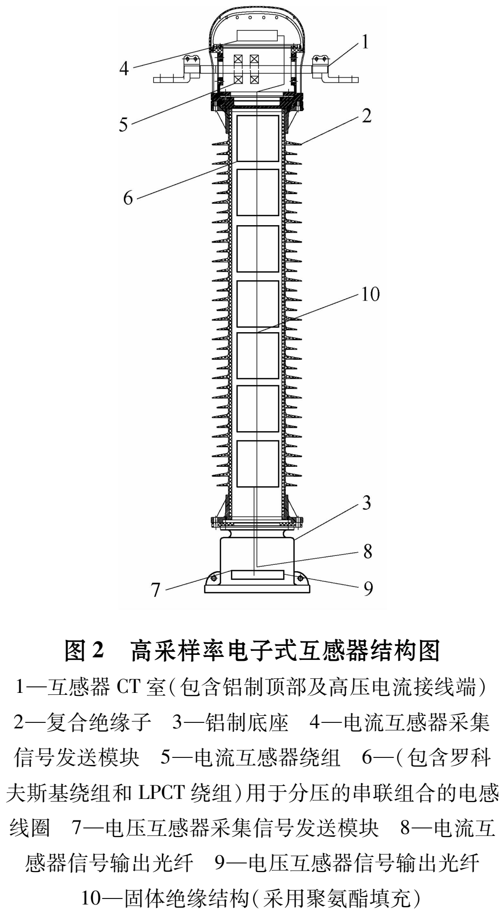


图 2　高采样率电子式互感器结构图

1—互感器 CT 室(包含铝制顶部及高压电流接线端)　2—复合绝缘子　3—铝制底座　4—电流互感器采集信号发送模块　5—电流互感器绕组　6—(包含罗科夫斯基绕组和 LPCT 绕组)用于分压的串联组合的电感线圈　7—电压互感器采集信号发送模块　8—电流互感器信号输出光纤　9—电压互感器信号输出光纤　10—固体绝缘结构(采用聚氨酯填充)

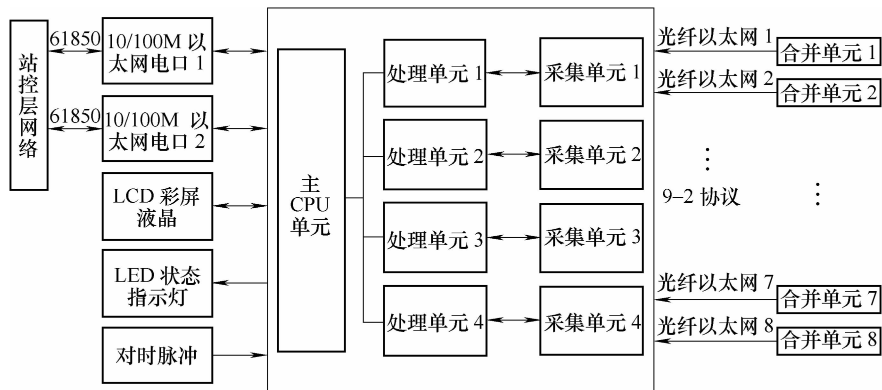


图 3　数字式电能质量监测装置硬件框架示意图

（3）数字式电能质量监测装置的 IEC61850 建模

基于 IEC61850 标准模型可将电能质量监测装置快速接入不同后台系统，降低系统复杂性，减少接入工作的开发调试成本。国家电网公司于 2010 年制订的《电能质量监测终端技术规范》制订了电能质量监测装置 IEC61850 模型，但该模型的部分细节需要完善，例如：

1）数据集划分太细，实时数据与历史数据均分多个数据集，导致控制块过多，增加硬件资源要求；

2）没有实现日志功能，无法实现数据追补；

3）电压暂态扰动采用分相捕捉算法，难以通过 IEC61000-4-30 计算暂态扰动特征值；

4）并非基于 IEC61850 ED2，仍采用 ED2 已废止的 MSTA 逻辑节点。

数字式电能质量监测装置的 IEC61850 模型设计需要考虑到变电站实际运行情况，以及电能质量实际应用需求，例如装置停电以及通信故障等数据缺失原因的记录、数据缺失后的数据追补机制等。针对数据追补问题，IEC61850 提供了日志功能（LOG），可通过日志和缓存报告结合予以解决。图 4 所示为数字式电能质量监测装置的 IEC61850 模型原理图。

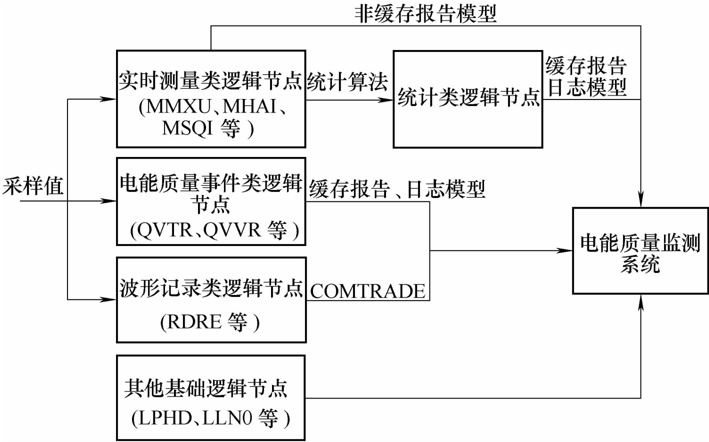


图 4　数字式电能质量监测装置的 IEC61850 模型原理图

（4）数字互感器和传统互感器同时接入问题

数字化变电站电能质量监测系统需要考虑处理数字化变电站内普遍存在数字互感器和传统互感器的实际情况。考虑到经济性、通信规约以及采样同步等因素，可将传统互感器经数据采集卡接入合并单元再接入数字式电能质量监测装置，数据采集卡同时实现 A/D 转换功能。

合并单元将数字互感器和传统互感器的输入信号按照 IEC 61850-9-2 组帧并传输给电能质量监测装置。为简化合并单元接口，数据采集卡输出数据采用与数字互感器相同的通信规约 IEC 60044。合并单元同时还要考虑数字互感器的激光供能和采样过程同步等问题。

（5）合并单元和数字式电能质量监测装置的校准

为验证合并单元和数字式电能质量监测装置的测量准确度，以及对 IEC61850 的支持程度，数字化变电站电能质量监测系统需设计开发校准系统。校准系统采用全自动闭环控制，实现自动控制标准源输出、自动采集电能质量监测装置监测数据、自动计算误差和自动输出校准报告等，并支持校准过程的人工控制。

以针对数字式电能质量监测装置校准为例，其校准项包括：

1）IEC 61850 一致性检测，验证 IEC 61850 语法和功能模型是否满足 IEC 61850-7-3/4 ED2 规定；

2）接入测试，验证通信规约是否满足 IEC 61850-8-1 规定；

3）准确度测试，验证测量准确度满足 GB/T 19862—2005《电能质量监测设备通用要求》规定。

全自动校准系统的功能框架如图 5 所示。标准源可采用 OMICRON、Fluke 6100A 等常用电能质量标准源，由专用检测人员自动控制输出。数据采集程序支持 IEC 61850-8 和 IEC 61850-9-2 通信规约，分别实现针对数字式电能质量监测装置和合并单元的校准。检测报告采用模板方式自动生成。

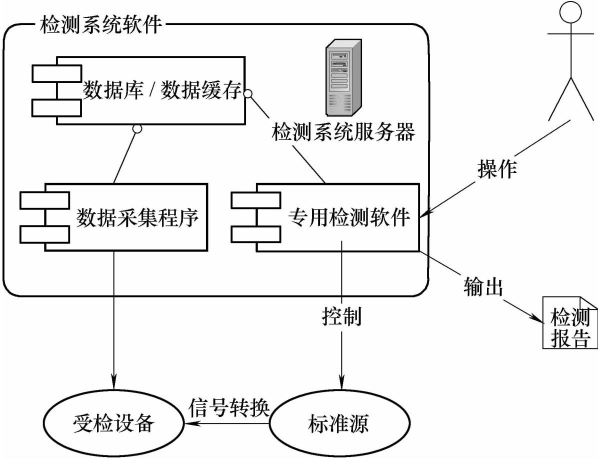


图 5　电能质量全自动校准系统功能框架图

3. 系统应用

基于本文所提出的数字化变电站电能质量监测系统方案，已研制出 512 点/周波电子式电压电流互感器、512 点/周波合并单元、数据采集卡、数字式多通道电能质量监测装置，以及电能质量管理平台。为验证数字式电能质量监测装置的测量准确度，采用 2.5 节提出的全自动校准对其进行准确度校准，每个校准项均有多次测试，由于篇幅限制，表 1 和表 2 仅给出部分校准结果。表 1 和表 2 所示的校准项包括基波电压、基波电流、频率、短时闪变、电压不平衡度、电流不平衡度、谐波电压含有率，结果均满足标准规定的误差限。

表 1　校准结果

校准项	U_A/V	U_B/V	U_C/V	I_A/A	I_B/A	I_C/A	f/Hz	P_{st}	ε_U（%）	ε_I（%）
设置值	60	60	60	5	5	5	50	1	20	20
测量值	59.99	59.98	59.99	5.001	5.000	5.000	50.000	1.010	19.96	19.75
误差	-0.017	-0.033	-0.017	0.020	0.000	0.000	0.000	0.010	-0.002	-0.013

表 2　谐波电压含有率测试结果

谐波次数	*THD*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
U_A	40.30	0.49	0.50	0.51	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00
U_B	40.30	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.01	3.00	2.99
U_C	40.30	0.50	0.51	0.50	0.50	1.00	0.99	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00
谐波次数	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
U_A	4.00	4.00	4.00	3.99	7.99	8.01	7.98	8.00	8.02	19.96	19.99	20.03	
U_B	4.00	4.00	4.01	3.99	7.99	8.01	8.01	8.01	8.00	19.95	19.99	30.06	
U_C	4.01	4.00	4.00	4.01	8.00	7.99	8.01	7.99	8.01	20.02	20.00	19.97	

注：设置基波电压 = 57.7V，基波电流 = 4A，$HRU_2 \sim HRU_5 = 0.5\%$，$HRU_6 \sim HRU_9 = 1\%$，$HRU_{10} \sim HRU_{13} = 3\%$，$HRU_{14} \sim HRU_{17} = 4\%$，$HRU_{18} \sim HRU_{22} = 0.5\%$，$HRU_{23} \sim HRU_{25} = 20\%$。

经校准合格之后，该成套系统在广东电网 110kV 岩前变电站投入应用，其中电子式电压电流互感器安装在 110kV 间隔并接入合并单元，一个 10kV 间隔传统互感器通过数据采集卡接入到合并单元，合并单元将采样信号送到数字式电能质量监测装置，再以 IEC 61850-8 将处理后电能质量指标经网络传输到省级电能质量管理平台。根据变电站实际情况，数据采集卡、合并单元和数字式电能质量监测装置采用集中组屏方式安装。系统投运后各设备一直正常稳定运行，主站端电能质量监测数据完整无缺失。表 3 ~ 表 6 为采用该系统对岩前变

10kV 侧 PPC 点的监测结果，监测时间为 24h，统计数据为 95% 概率值。

表 3　基本电能参数与电压不平衡度

实测平均视在功率/MVA	实测平均无功功率/Mvar	实测平均有功功率/MW	平均功率因素	电压不平衡度
2.326	0.502	2.269	0.98	0.2

表 4　电压长时闪变

A 相		B 相		C 相	
最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值
0.67	0.53	0.63	0.54	0.64	0.54

表 5　谐波电压含有率 95%概率统计值　　（%）

谐波次数	THD	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
U_{AB}	1.15	0.09	0.11	0.01	0.80	0.01	0.84	0.06	0.13	0.05	0.19	0.01	0.13
U_{BC}	1.07	0.08	0.17	0.03	0.83	0.02	0.68	0.06	0.04	0.05	0.21	0.01	0.19
U_{CA}	0.96	0.07	0.03	0.05	0.56	0.01	0.73	0.06	0.15	0.04	0.27	0.01	0.21
谐波次数	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
U_{AB}	0.02	0.08	0.03	0.10	0.01	0.11	0.01	0.05	0.02	0.06	0.01	0.04	
U_{BC}	0.02	0.02	0.03	0.07	0.01	0.07	0.02	0.05	0.01	0.03	0.00	0.07	
U_{CA}	0.02	0.07	0.03	0.08	0.01	0.10	0.01	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	

表 6　谐波电流含有率 95%概率统计值　　（%）

谐波次数	1/A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A 相电流	159.09	3.21	1.10	2.07	5.25	0.29	3.10	0.87	0.18	0.58	1.21	0.12	0.87
B 相电流	158.81	2.91	0.95	2.28	5.76	0.30	2.97	0.96	0.17	0.59	1.23	0.13	0.75
C 相电流	159.11	3.30	0.94	1.82	5.74	0.37	2.98	0.93	0.25	0.62	1.28	0.17	0.83
谐波次数	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
A 相电流	0.44	0.10	0.51	0.49	0.08	0.48	0.32	0.08	0.19	0.25	0.05	0.23	
B 相电流	0.49	0.13	0.50	0.56	0.09	0.46	0.35	0.09	0.18	0.29	0.06	0.17	
C 相电流	0.48	0.16	0.50	0.55	0.12	0.43	0.37	0.10	0.19	0.28	0.08	0.19	

4. 结束语

数字化变电站电能质量监测问题是电能质量监测的新问题。由于国内数字化变电站发展过程一直侧重于继电保护和综合自动化系统，目前数字化变电站中的数字互感器和合并单元无法提供满足电能质量分析需求的高采样率原始数据。从完善电能质量管理角度出发，广东电科院组织数字化变电站考察和设备厂家调研，并最终提出了一套完整的、覆盖间隔层、过程层和变电站层的数字化变电站电能质量监测系统，通过从过程层互感器源头出发提高采样率彻底解决采样率问题，并对采样率提高导致的高速编解码和海量数据处理问题、电能质量监测装置的 IEC61850 建模问题、数字互感器和传统互感器同时接入等问题提出了解决方案。基于本文所提出解决方案开发的数字化变电站电能质量监测系统已经开发完毕并投入落点应用，运行效果良好。

（作者：深圳市中电电力技术股份有限公司　王昕　王新华
广东电网公司电力科学研究院　徐柏榆　王玲　盛超）

FA64　有源电力滤波器在城市轨道交通中的应用

（CS21　河南森源电气股份有限公司）

1. 概述

中国正处于城镇化的快速发展阶段。近年来，中国城镇化进程以每年约 1 个百分点的速度增长，每年有 1300 多万人口从农村转入城市。在此背景下，城市公共交通需求日益旺盛，发展任务十分繁重。“十二五”期间，中国城市公共交通运力总量将继续保持快速增长态势，尤其是轨道交通运量将大幅增长。预计城市公共交通总量与国民经济增长的弹性系数在 0. 75 左右，到 2020 年，预计城市公共交通总量将超过 1200 多亿人次，年均增长 6% 左右。

为了缓解日益严重的城市交通压力，具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和用地等特点的城市轨道交通得到快速发展。城市轨道交通作为支撑城市正常运行的大动脉，发展迅速。在下一个十年，中国城市轨道交通的发展将会更加迅速，据不完全统计，其里程大约为 2200～2500km，运力与运能成几何增长。

地铁是一个重要的用电部门，地铁的供电不同于一般工业和民用的供电。地铁机车牵引采用直流供电，整流设备工作时会产生大量谐波反馈到电网中。另外地铁低压端装备了 EPS、空调、电梯以及复杂繁多的照明系统、信号系统等，这些设备都会产生大量谐波分量。大量谐波的存在给地铁供电系统带来了诸多隐患，严重影响了地铁安全运行，因此地铁供电系统必须进行谐波治理。

2. 地铁供电系统分析

地铁集中供电系统一般采用 110/35（33）kV 或 110/20（20）kV 两级电压供电方式，如图 1 所示。地铁牵引供电系统一般采用 DC 1500V 或 DC 750V 供电制式，由牵引变电所整流机组降压整流后提供。整流机组采用 12 脉波整流和等效 24 脉波整流两种方式，在运行过程中整流机组会产生 5、7、11、13、23、25 次谐波。同时低压用电设备越来越多地使用变频装置，也造成了低压配电系统谐波畸变。照明系统、荧光灯（电子整流器）主要产生 3 次谐波；EPS 电源屏、通风空调、电梯、扶梯等设备主要产生 5、7 次谐波。该谐波在地铁供电系统流窜、叠加甚至放大，直接影响了地铁供电系统的安全，并通过主变电站进入电力系统，给城市电力系统造成谐波污染。

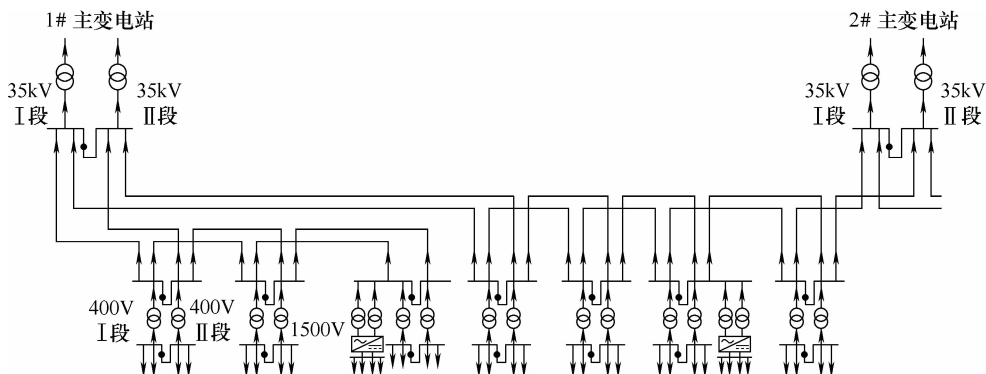


图 1　地铁集中供电系统示意图

通过对国内地铁实际运行数据进行分析得知，目前国内地铁牵引系统基本采用等效 24

脉波整流，电力系统公共连接点的谐波含量满足国家规范要求。但地铁供电系统网络内部存在很多的谐波源，主要集中在400V侧信号、动力、照明系统等负荷中，谐波产生后对整个低压侧电气设备产生影响。因此地铁400V系统必须进行谐波治理。同时从节能、保护地铁系统安全等方面考虑也须对谐波进行治理。

3. 谐波治理方案

传统的谐波抑制和无功补偿方法是由电力电容器和滤波电抗器等无源器件构成的无源滤波器。这种方法造价低、结构简单，在普通工业场合应用广泛，若在地铁供电系统则存在严重安全隐患：

1）放大电网中谐波分量；

2）一种参数只能补偿基波或针对特定次谐波进行补偿；

3）电力系统阻抗变化时，可能产生谐振；

4）无法控制地铁供电系统负荷的总功率因数；

5）夜间休车时段向电力系统反送的容性无功功率增大。

因此在实际运行过程中地铁公司将无功补偿回路和LC滤波回路统统退出运行。

近年来，以IGBT技术为代表的有源滤波技术开始规模化应用。它通过实时检测负荷电流波形，然后通过控制IGBT的触发，将反向电流注入系统，达到补偿目的，如图2所示。由于有源滤波器可以实现动态补偿，克服传统滤波装置的缺点，并且安全可靠，目前已经在国内上海地铁、西安地铁、宁波地铁、长沙地铁、郑州地铁等得到推广使用，取得较好的补偿效果。

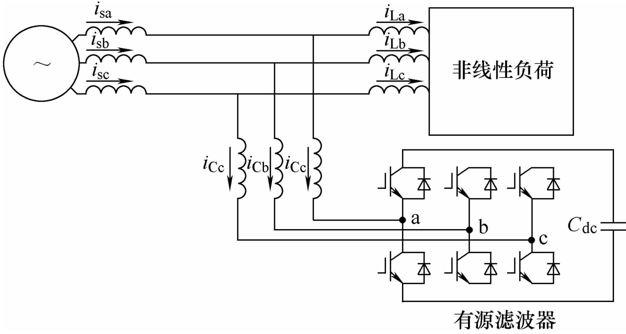


图2 有源滤波器工作示意图

河南森源电气股份有限公司生产的有源电力滤波器SAPF采用自主研发的最新技术，并与清华大学等高校合作，产品具有明显技术优势。

1）可同时滤除2次到50次谐波电流；

2）突破国内传统控制算法，采用柜内最先进无源算法，响应速度快、补偿效果好；

3）保护功能齐全，确保系统或设备异常时安全运行；

4）采用模块化设计，抗干扰能力强、易于安装维护；

5）采用自主产权非晶体材料电抗器，损耗小、噪声小；

6）每台由单独的控制系统，易于多台扩展并联；

7）全触摸屏操作界面，方便实用；

8）具有自动限流功能，不会发生过负荷。

4. 实际案例介绍

郑州地铁1号线一期共20个站点，东起市体育中心站，西至西流湖站。全线降压变电所、跟随所及调度中心共28个，56台变压器，容量包括630kVA、1000kVA、1250kVA、1600kVA。有源滤波器根据负荷的大小配置容量包括150A、120A、60A。每一台低压变压器出线端并联安装一台有源滤波器。系统图如图3所示。

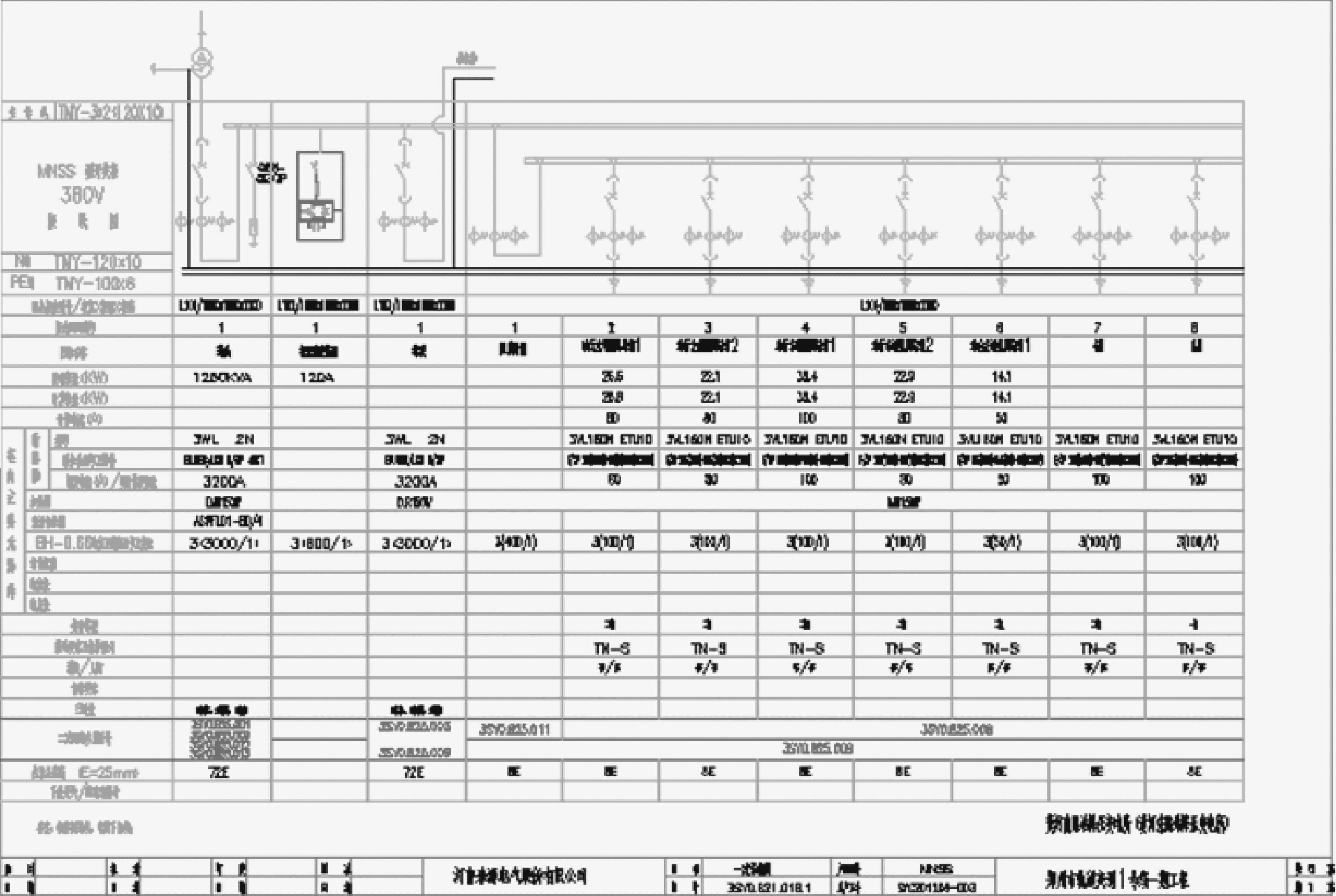


图3　郑州地铁黄河南路站一次系统图（部分）

郑州地铁运行后，各个站点有源滤波器安全运行，补偿效果显著。下面以市体育中心站详细运行数据为例表述实际补偿效果（见图4～图8和表1）。

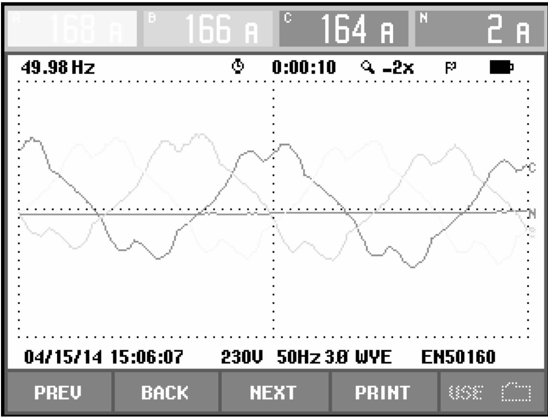


图4　补偿前电流波形图

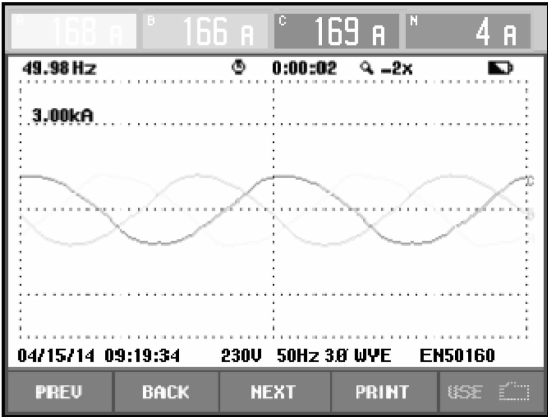


图5　补偿后电流波形图

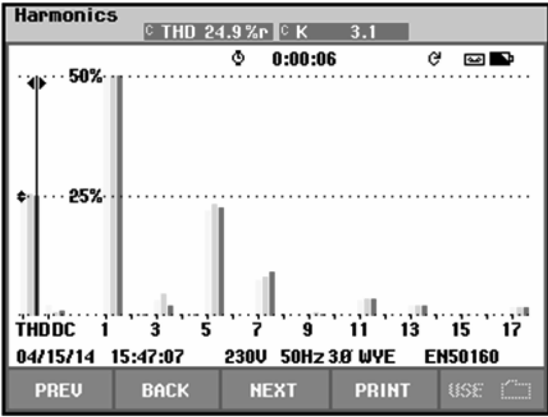


图6　补偿前谐波含量柱形图

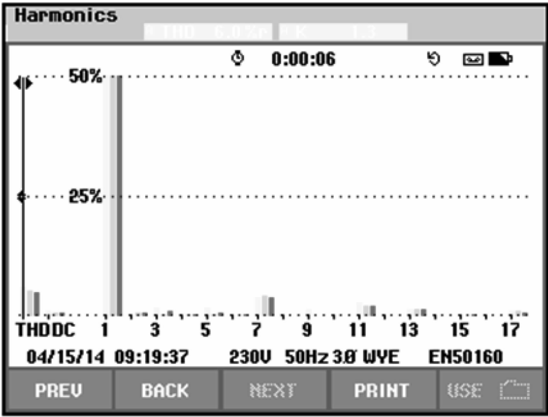


图7　补偿后谐波含量柱形图

有源滤波投入后，市体育中心站400V线路谐波总畸变率由24.9%下降至4.3%，电流波形趋近正弦波，完全解决了谐波干扰问题。

对照国标电网谐波电流允许值可以清楚地看出，补偿前各次谐波电流明显超过国标，补偿后各次谐波电流均能达到国标要求。对于轨道交通供电系统，安全运行是第一位的。有源滤波投入后，配电系统谐波得到了很好的抑制，提升了供电系统的供电可靠性，消除了谐波对轨道交通系统的供电影响，保障了城市轨道系统的安全运行。

5. 结束语

国家未来会重点发展城市轨道交通，缓解日趋严重的交通压力，方便居民的出行，同时可以改变居民出行方式，减少汽车污染物排放，改善城市环境。地铁是否安全运行关系到乘客的人身安全，低压线路中谐波的污染必须进行治理，保障地铁控制信号、监控等系统稳定运行。有源滤波器作为治理谐波的利器，将会在未来城市轨道交通发展中大显身手。



图 8　市体育中心站有源滤波器运行图片

表 1　投运前后数据对比

指　　标	投入前电网	投入后电网
THDI	24.9%	4.3%
功率因数	0.94	0.95

（作者：河南森源电气股份有限公司　史谦东　司贞员　尹小正　候可淅）

FA65　低压全电能管理解决方案

（CS01　ABB（中国）有限公司）

“十二五”期间，国家电网加大了在智能电网建设方面的投资，这是低压电器在智能化发展方面的良好契机，越来越多的国内外企业先后在市场上推出了运用于智能电网的低压产品及方案。作为全球电力和自动化技术领域的领导厂商，ABB 可以提供成熟的低压全电能管理解决方案，包括其中的多功能电能表、采集和控制设备、集成电能管理和控制功能的低压空气断路器等设备。依靠全球同步推出的 Emax 2 全新系列低压空气断路器，更是从系统的设备层面轻松实现保护、负荷管理、测量、通信及电能管理等多种功能，从标准的系统到复杂的自动化网络，简单和可靠地满足客户电能管理方面的需求。

1. 系统概述

低压全电能管理解决方案是利用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术，将配电网实时信息、离线信息、用户信息、电网结构参数、地理信息进行集成，构成完整的自动化管理系统，实现配电系统正常运行及事故情况下的监测、保护、控制和配电管理。它由主站、子站、终端设备和通信系统组成，是实时的配电自动化与配电管理一体化的系统。

低压全电能管理解决方案具有全面的电能管理内涵。通过多功能电能表，可以实现终端用电设备的电能测量和控制功能，如精确测量、高能耗用电设备定位等；通过 Emax 2 低压断路器，可以实现用电设备分区或按职能的电能管理和控制功能，如负荷目标控制等；通过 PMCS 电源管理控制系统，可以实现全部用电设备电能集中管理和控制功能，如提供电能使用报告、统计分析能效情况、执行电能控制预案等。从而有效提高供电可靠性和用电效率，通过对电源的合理安排和科学利用，实现企业节能减排的目标。

2. 系统结构

系统结构一般由三部分组成：

（1）管理层

管理层是由一台或多台服务器、工作站、以太网交换机、打印机等设备组成，其主要任务是收集现场设备的各种信息并建立数据库；通过友好的人机界面和强大的数据处理能力，实时监测现场设备的运行状态、运行参数和故障信息，并能对设备实施远程遥控，是系统与运行人员之间的接口。

（2）通信层

通信层的主要任务是收集本地的各种信息，并将信息通过以太网上传给管理层，实现现场设备的监视、测量和控制等功能。

（3）设备层

设备层由多功能电能表、采集和控制设备、集成电能管理和控制功能的低压断路器等设备组成，如图 1 所示。

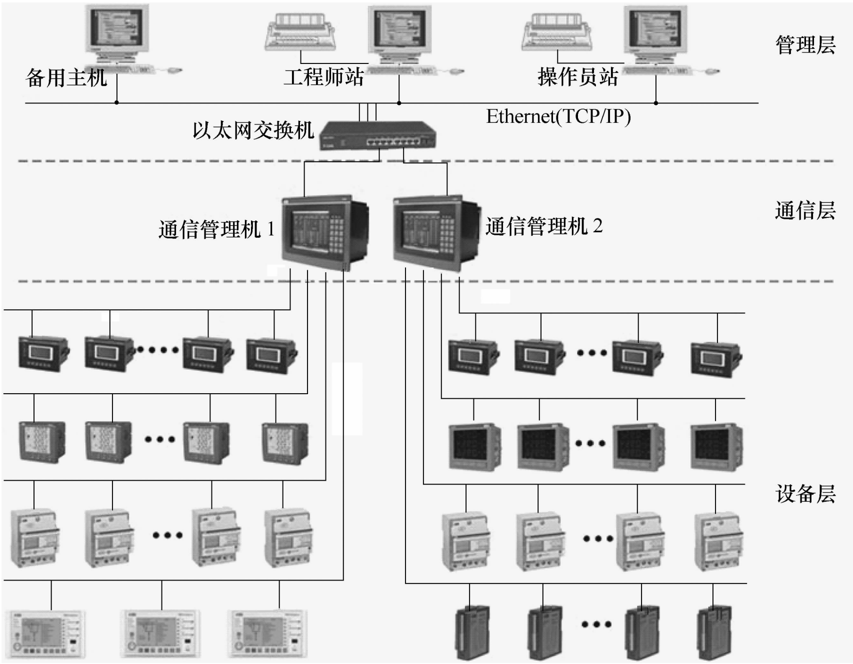


图 1　三层网络拓扑结构图

3. 系统功能

系统采用分层分布式的设计思想，系统结构分为管理层、通信层和设备层三层网络结构。系统网络发生故障不影响现场设备层装置的测量和保护功能。管理层的系统软件，可以

提供清晰透明的各类电参量数据，通过这些数据，管理员可以清楚了解各个设备运行情况和耗能情况。

系统软件通过模块化的功能模块界面，方便进行电力参数信息查询和系统的远程遥控、遥调等功能。系统软件通过一个主入口界面，方便进入各种功能模块界面：

1）基本功能模块界面：地理位置信息功能模块界面、电器系统图形监控功能模块界面、系统信息报表管理功能模块界面、系统日志管理功能模块界面等。

2）高级功能模块界面：系统网络监视功能模块界面、电网质量管理功能模块界面、电量管理功能模块界面、负荷管理功能模块界面等。

（1）入口界面

图2所示为PMCS电源管理控制系统的入口界面，通过系统入口界面可以进入各功能模块界面。



图2　PMCS电源管理控制系统的入口界面

（2）基本功能模块

基本功能模块是PMCS电源管理控制系统所具备的基本组成部分，包括以下各种模块：

1）地理位置信息功能模块：可以掌握各电器设备的分布情况，并可直接进入实时监控画面，迅速进行故障定位。

2）电器系统图形监控功能模块：可以直观掌握电源系统的运行状态、运行参数以及故障信息；绘制系统参数实时曲线和历史曲线，直观显示历史数据，分析发展趋势；实现电器设备的远程控制，保护设备参数的远程整定；还可以查询电气元件的参数表、使用寿命和操作次数等，并可调取电器回路的控制原理图。

3）系统信息报表管理功能模块：可以统计记录电源系统运行参数；以对各用电单位的电能量使用情况进行运行统计分析；输出电网品质监控表、电费结算表、电费记录趋势表等各功能报表。

4）系统日志管理功能模块：可以查询各种故障信息，并根据事件顺序记录时间分析故障原因；查询系统的各种操作记录，包括远程遥控、保护定值的远程调节；系统日志至少保存两年。

（3）高级功能模块

高级功能模块是PMCS电源管理控制系统的可选功能界面，用户可选择其中的某些界面进行定义。

1）系统网络监视功能模块：可以掌握 PMCS 系统网络和各组件的运行状态。

2）电网质量管理功能模块：要对供电系统的电网质量进行改善，首先要对电网质量作出准确的检测和分析，测量电网质量水平，并分析和判断造成各种电网质量问题的原因，为电网质量的改善提供依据。可以对电压、频率、功率因数进行偏差监测，分析产生偏差原因，提出改善措施；可以监测谐波、各次谐波 THD、总谐波 THD 等参数，分析产生谐波原因，提出改善措施；还可计算设定对象的三相不平衡度，并分析原因。

3）电量管理功能模块：统计记录各用电单位的电能量消耗状态；根据历史数据，优化运行方式，降低能量损耗；制定能量使用目标，实时监测使用状态，分析节能效果。

4）负荷管理功能模块：可以制定各种条件的负荷控制预案。当具备条件时，PMCS 电源管理控制系统会自动地执行相应的负荷控制方案，自动地投切负荷。如拉闸限电负荷控制预案、节能目标不达标的负荷控制预案等；可以按时间要求，按步分批进行负荷控制。如照明负荷定时投切，空调风机定时负荷投切等。

4. 系统配置

（1）管理层

1）配置服务器、工作站作为系统主机或备用主机；

2）配置激光打印机、针式打印机实现报表、图形及告警打印功能；

3）配置以太网交换机实现通信层与管理层的通信连接。

（2）通信层

通信层可通过 ABB 的 HMI 人机界面或通用通信处理设备实现通信处理功能。ABB 的 HMI 可提供 8 个 RS485 通信接口用以连接现场设备，并通过以太网接口将现场信息转发至管理层；HMI 提供大屏幕人机界面实时监测现场设备运行状态、运行参数，并可实现现场设备的控制与管理功能，是本地化的监控系统。

（3）设备层

ABB 提供集成电能管理和控制功能的 Emax 2 低压断路器、各种类型的多功能电能表和采集控制设备。Emax 2 提供分区或按职能的电能管理和控制；多功能电能表和采集控制装置则分布在用电设备附近，提供实时电能使用情况和运行状态，并用于执行电能控制功能。

（4）关键设备

1）低压断路器（Emax 2）如图 3 所示。

ABB 集团在全球同步推出了全电能管理者：Emax 2 系列低压断路器。Emax 2 属于第四代断路器，其相对于前三代断路器的最大区别是变被动保护为主动保护，对电网能够做到全面监控，具备智能化的能效管理功能，并提供建议性的保护。通过对智能断路器提供的信息进行分析，可以对用电负荷的分配和变压器的设置进行优化。第四代断路器已经不仅仅只是保护电器，而是成为电路中的智能保护终端，让低压断路器转变成为低压电能管理专家。



图 3　Emax 2 全新系列低压断路器

Emax 2 通过专利的负荷管理技术，“削峰填谷”，控制运行功率在既定水平，从而降低系统的总安装功率，并提高整个配电系统的效率。其显著的优势在于断路器本身即可实现，

无需复杂的控制系统；并可按照设定优先级，自动控制下游负荷，如图 4 和图 5 所示。

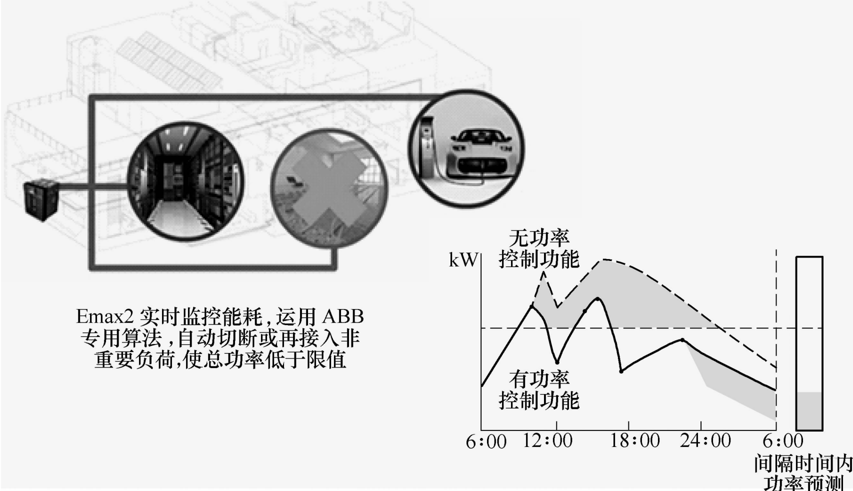


图 4　Emax 2 电能管理功能说明

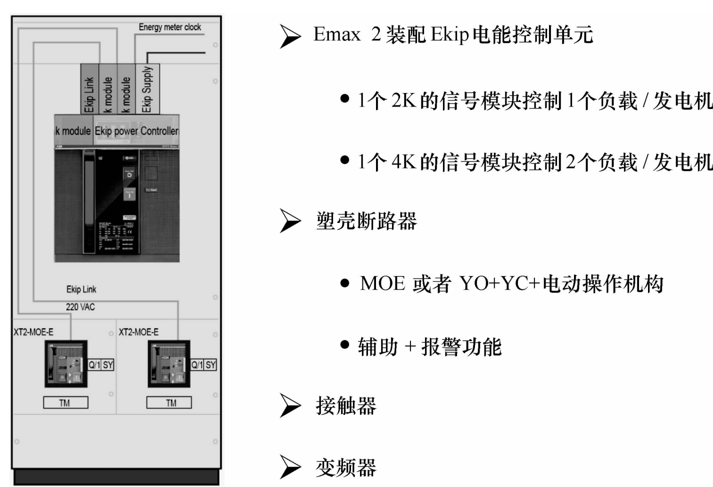


图 5　Emax 2 电能管理功能配置

2）各种类型的多功能电能表和采集控制装置，如图 6 所示：

①EQ 系列导轨安装电能表；

②EM 系列面板安装电能表；

③RTU 分布式采集控制装置等。

5. 应用领域

ABB 低压全电能管理系统广泛地应用在市政、商用建筑、数据中心、交通、工业等行业领域，它既可以作为独立的电源管理控制系统，又可以作为 BA 或 DCS 系统的子系统，如图 7 所示。

6. 产品优势

全电能管理解决方案作为智能电网未来发展必不可少的组成部分，其优势主要体现在四大方面：

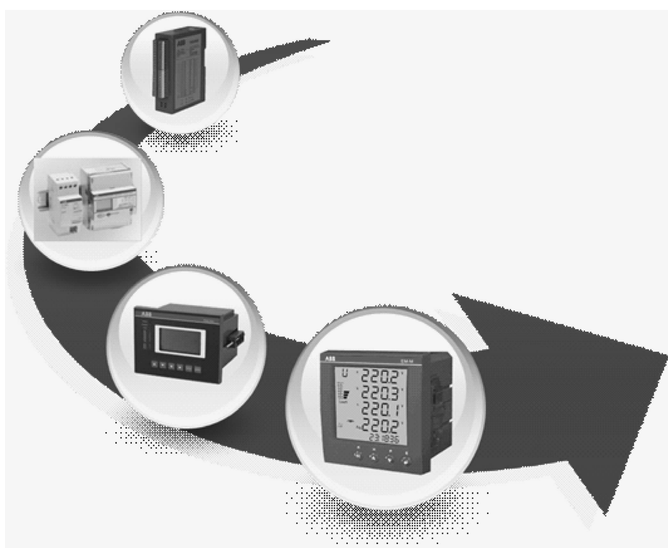


图 6　PMCS 电源管理控制系统中的多功能电能表和采集控制装置

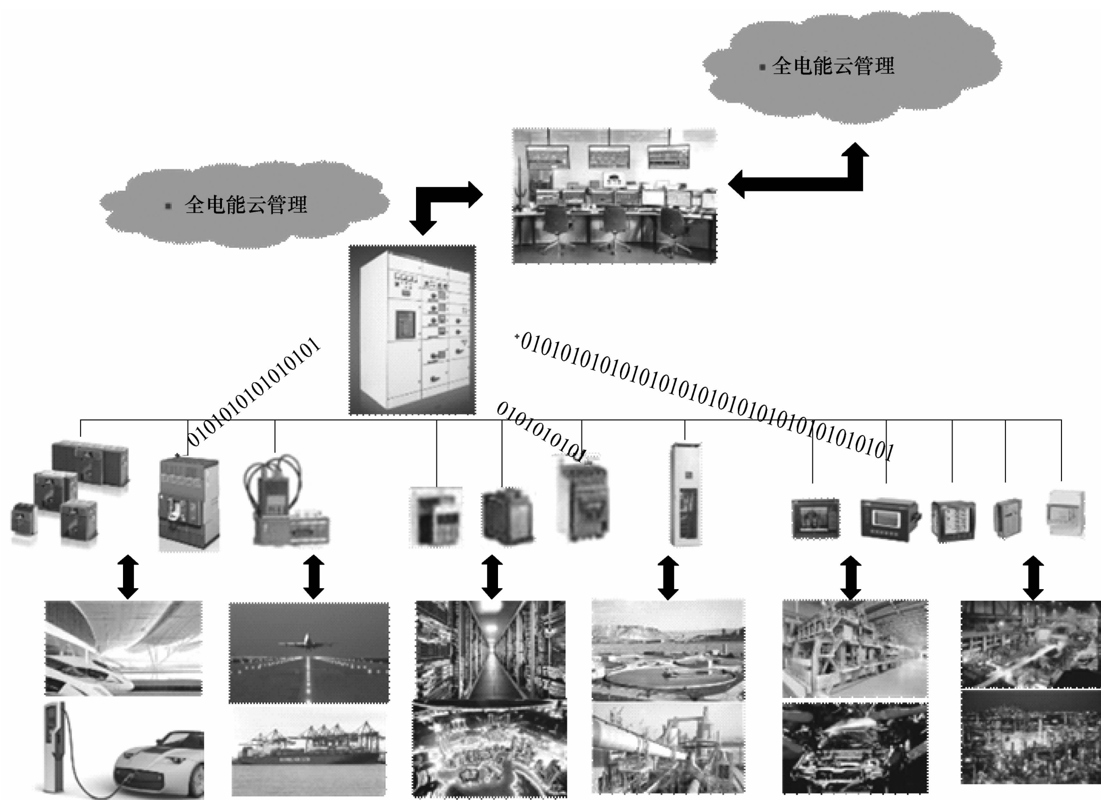


图 7　全电能管理解决方案及应用

1）智能管理：实时监控电力系统，合理调配负荷，优化运行；可实现分项、分区、分类、分级管理。

2）全面保护：完善的电力保护功能，确保安全运行；实现上下游保护的完美配合。

3）云端通信：上下游电力系统联网，创建智能电网；实现与电气安全、能量管理系统

完美整合。

4）绿色低碳：动态调节电网电能质量，洁净能源；统一管理电能消耗，充分减少能源浪费。

（作者：ABB（中国）有限公司　张强　曹阳）

FA66　优质电力园区高可靠性、高电能质量电力供应解决方案

（CS26　南京软核科技有限公司）

1. 概述

现代电力系统中用电负荷结构已经发生了重大变化，半导体整流器、晶闸管调压及变频调整装置、炼钢电弧炉、电气化铁路和家用电器等负荷迅速发展，由于这些负荷非线性、冲击性以及不平衡性的用电特性，使电网的波形畸变越来越严重，对电能质量造成的干扰或“污染”，也越来越严重。

优质电力工业园区是一种包含“用户至上”经营理念的新型电力技术，通过监测园区电网的电能质量，区分用户的不同电能质量需求；通过对园区配电网进行合理优化、改造和安装电能质量治理设备等多种方法，为用户提供基本服务、附加服务和优质服务等不同等级的电能质量服务水平。用户可根据自身的需要选择不同的服务等级。高于基本服务的等级，为在政策允许下实现“优质优价”提供技术条件。供电可靠性和电能质量有了改善，避免了停工的高昂代价和废弃产品的损失，同时节省了购买、运行、维护内部电力调理设备的费用。

优质电力园区解决方案研究和探索针对不同区域内的电力用户用电特点，如何采用不同的电能质量治理设备、治理技术、监测技术、通信技术等多种设备及技术的融合，制定适合该区域的优质电力园区系统方案，以满足区域内不同用户对用电可靠性和电能质量的生产需求，同时实现提高区域内电压合格率及降低区域内网损的目的。

2. 解决方案的构成

优质电力园区高可靠性、高电能质量的解决方案，是从两个方面实现需求的。

从电网结构上（见图 1），为保证高可靠性，至少要采用双电源点供电的方式，并且利用 SSTS 在多个电源之间实现主备电源间无缝切换，切换时间小于 1/4 周波，可实现故障自动切换；为保证高电能质量，在用户侧和电网侧同时进行电能质量治理，利用 APF、TSF 设备的配合实现用户侧电能质量治理，利用 SVG 设备实现电网侧电能质量治理和电压稳定性维护。

从运行管理上，优质电力园区主站系统作为电能质量监测、治理、控制网络平台的主站，一方面适应优质电力园区的电网架构，并为后续园区的进一步建设和未知电能质量问题提供足够的扩展接口、空间；充分考虑园区内用户的需求信息，适时响应园区内用户电能要求，实现园区优质电力供应与用户的互动，系统功能图如图 2 所示。

主要功能包括：

1）实时监测：提供园区电网的实时可视化界面、实时接收电能质量监控终端和电能质

量治理设备上传的数据，动态刷新显示每次设备的实时运行参数和运行状态，对园区电网的电能质量和电能可靠性状况进行持续的监测。实时监视系统谐波含量，电压闪变、扰动，频率偏差，不平衡度，功率因数等电能质量问题。通过手动或自动触发波形捕捉，记录扰动时的波形，进行电能质量分析和故障分析。提供谐波分析、电压分析及告警等电能质量分析功能。

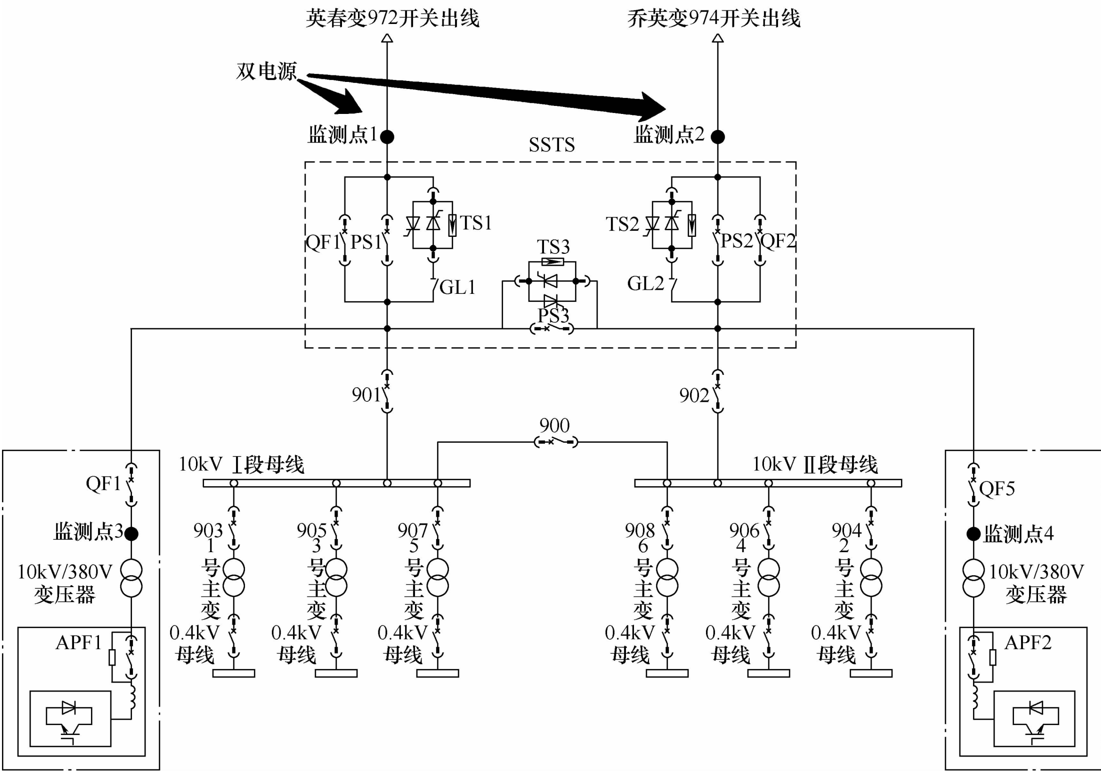


图 1　电网结构图

2）实时控制：支持对电能质量治理设备的远程控制功能，实现四遥，综合协调控制智能有源无功及谐波补偿装置、智能滤波补偿电容器、智能高速切换开关等电能质量治理设备，具备改善功率因数、滤除谐波、调节电压、切换电源、降低网损等功能。

3）统计分析：提供谐波分析、电压分析及告警等电能质量分析功能；可以用数据、图表、动画等形式，进行集中、动态、实时、交互演示各种电能质量治理设备的功能；提供综合的电能和需量统计报表功能；包含不同馈线的不同费率时段的用电量；可以进行日、月、季节、年的统计与记录；能匹配电力公司账单结构进行峰谷平统计与记录，并可以进行显示、打印和查询；能够提供无功优化的电能损耗数据。

4）电能质量监视和分析：针对电能质量监测装置的采集数据进行监视分析，主要指标为，供电电压允许偏差、供电电压允许波动和闪变、供电三相电压允许不平衡度、公用电网谐波，以及供电频率允许偏差等的指标限制。

5）报警和事件管理：系统可以设置在电能质量事件发生时、测量值越限、设备运行状态变化时触发报警。系统报警时能够进行信息语音提示，自动弹出报警画面或触发必要的操作，同时可以将报警信息通过 Email 等方式通知相关人员。故障记录管理功能，有效管理故

障的波形记录。告警方式应画面、音响、语音、文字等多种形式。所有告警信息均应含丰富细节，可以分类查询。

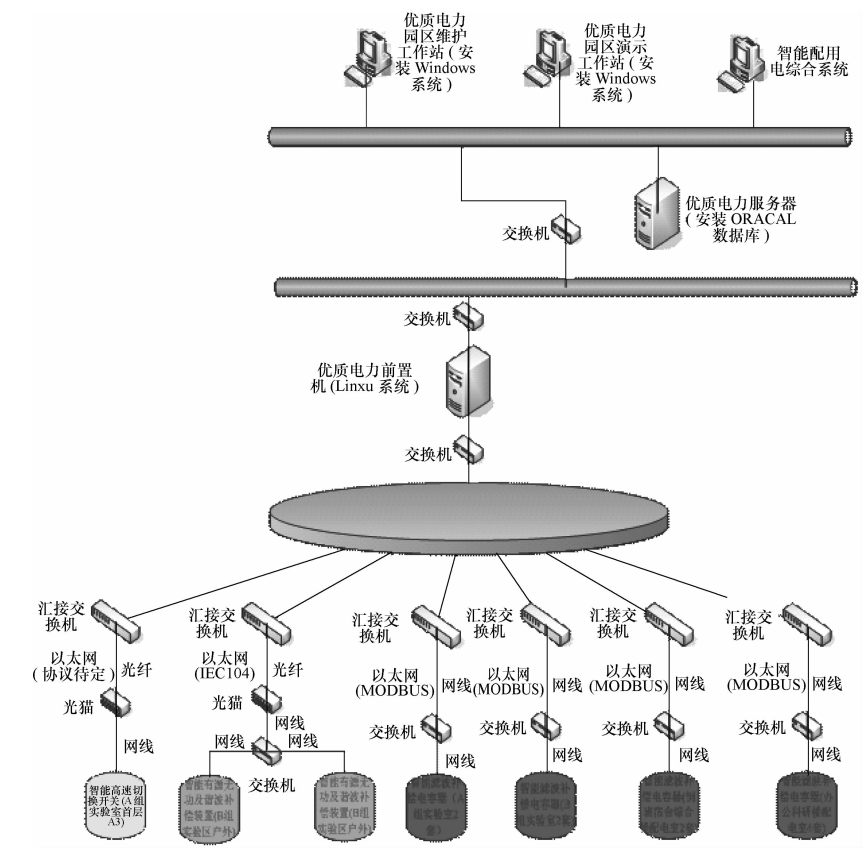


图 2　系统功能图

6）历史数据管理。

7）报表管理。

8）用户权限管理。

9）第三方通信功能。

10）故障录波数据接收及显示波形，分析。

11）为其他应用软件提供应用程序接口、系统远程维护、丰富的通信规约功能。

3. 系统功能（见图 3）

（1）监测功能

1）系统运行监视和控制：在监控界面中，显示整个电能质量管理系统的网络图，动态刷新显示各主接线图上的实时运行参数和设备运行状态，并支持远程控制功能。系统画面可以根据实际需要进行组态。系统可对园区的配网结构管理。

2）电能质量监视和分析：可以对整个系统范围内的电能质量和电能可靠性状况进行持续的监测。实时监视系统谐波含量，电压闪变、扰动，频率偏差，不平衡度，功率因数等电能质量问题。通过手动或自动触发波形捕捉，记录扰动时的波形，进行电能质量分析和故障分析。提供谐波分析、电压分析及告警等电能质量分析功能；

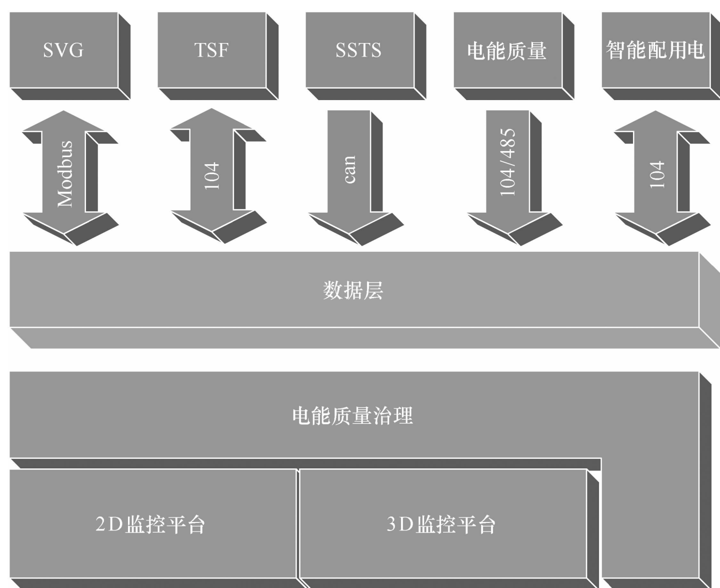


图 3　主站架构图

①电压偏差（voltage deviation）：是电压下跌（电压跌落）和电压上升（电压隆起）的总称。包括测量值、电压偏差、电压合格率。

②频率偏差（frequency deviation）：对频率质量的要求全网相同，不因用户而异，各国对于该项偏差标准都有相关规定。包括测量值、电网频率、电网频率合格率。

③电压三相不平衡（unbalance）：表现为电压的最大偏移与三相电压的平均值超过规定的标准。包括正序分量、负序分量、零序分量、电压的负序不平衡度、电压的零序不平衡度、电流的负序不平衡度、电流的零序不平衡度。

④谐波和间谐波（harmonics & inter-harmonics）：含有基波整数倍频率的正弦电压或电流称为谐波。含有基波非整数倍频率的正弦电压或电流称为间谐波，小于基波频率的分数次谐波也属于间谐波。包括基波电压、电压谐波（25 次以内）、电压总谐波畸变率、基波电流、电流谐波（25 次以内）、电流总谐波畸变率。

⑤电压波动和闪变（fluctuation & flicker）：电压波动是指在包络线内电压的有规则变动，或是幅值通常不超出 0. 9 ~1. 1 倍电压范围的一系列电压随机变化。闪变则是指电压波动对照明灯的视觉影响。包括电压变动、短时间闪变值、长时间闪变值。

⑥电能质量暂态分量：包括电压暂升、电压暂降、短时中断。

3）电能消耗统计和分析：系统提供综合的电能和需量统计报表功能，包含不同馈线的不同费率时段的用电量，可以进行日、月、季节、年的统计与记录，能匹配电力公司账单结构进行峰谷平统计与记录，并可以进行显示、打印和查询。能够提供无功优化的电能损耗数据。

4）报警和事件管理：系统可以设置在电能质量事件发生时、测量值越限、设备运行状态变化时触发报警。系统报警时能够进行信息语音提示，自动弹出报警画面或触发必要的操作，同时可以将报警信息通过 Email 等方式通知相关人员。故障记录管理功能，有效管理故障的波形记录。

告警方式有画面、音响、语音、文字等多种形式。所有告警信息均应含丰富细节，可以分类查询。

（2）主站系统控制功能

1）无功电压协调控制：采用基于网络协调及优化监控的分层分布式电能质量监测和治理系统。通过对园区电能质量等方面的分析评估，对园区配网的运行状况采用优化算法，给出网络可调接设备的最优运行控制策略，避免园区中的设备盲目动作。

综合协调智能有源无功及谐波补偿装置和智能滤波补偿电容器的无功控制，对智能有源无功及谐波补偿装置和智能滤波补偿电容器的控制模式和控制设定值继续优化调度，避免两种无功电压设备配合的问题，例如智能有源无功及谐波补偿装置和智能滤波补偿电容器两类无功电压控制设备，不能都运行在恒压模式，否则会出现极大的环流而导致设备损坏。需要根据两类设备的详细技术参数，根据大量的分析，总结出各类优化控制策略，保证电压合格率，减少系统损耗。

2）电能质量优化控制：根据监测点的电能质量数据，例如谐波、不平衡度、电能质量暂态分量等指标，综合协调控制智能有源无功及谐波补偿装置和智能滤波补偿电容器等电能质量治理设备的控制模式和设定值，优化提高功率因数、滤除谐波、解决电压暂降、瞬时断电等电能质量问题。

（3）电能质量分析及评估功能

优质电力园区主站系统具有提供完整的谐波监视、评估、治理设备的优化控制等功能；显示谐波潮流，定量研究定制电力设备投入前后对园区电能质量改善效果。

目前我国已经制定颁布的6项电能质量系列的国家标准，包括：公用电网谐波、三相电压允许不平衡度、电力系统频率允许偏差、电压波动和闪变、供电电压允许偏差、暂时过电压和瞬态过电压等。国标对各个单项指标的允许限制做了明确的规定，成为电能质量单项指标评估的参照基准。

由于电压暂降与短时间间断对一些重要负荷的影响较为严重，国外有专家认为电压暂降与短时间间断已上升为最重要的电能质量问题之一，尽管国内还未制定相应的国家标准，但也应将其列入评估电能质量的单项指标之中，并且国内外专家对电压暂降与短时间间断的评估也做了大量的工作。

（4）主站系统可视化功能

采用符合SVG准则的图形系统和遵守IEC-61970行业标准的建模规范，建模方式简单易用、界面友好、数据组织管理清晰，在绘制系统一次接线图的过程中即可建立电网模型，同时提供方便友好的参数录入界面，可录入电网设备的基本参数，还提供了远程实时修改电网模型功能。

1）控制过程可视化：当协调控制系统对SVG、TSF、智能高速切换开关的控制模式和控制值发生改变时，用三维的效果展示控制过程的动态过程，让人有身临其境的现场感。显示界面能够显示目前的控制模式，并显示相关模式的下的限定值。能够通过控制模式按钮实现不同控制模式下的人工转换。

2）电能质量数据可视化：利用二维或三维的表格、仪表、曲线等形式，动态展现电能质量的监测数据，并且展示电能质量分析的结果，增强用户的直观使用感，提高软件的操作亲和力。

4. 结束语

优质电力园区解决方案旨在为用户提供高于基本服务等级的高可靠性、高电能质量的定制电力服务。通过监测园区电网的电能质量，区分用户的不同电能质量需求；通过对园区配电网进行合理优化、改造和安装电能质量治理设备等多种方法，为用户提供基本服务、附加服务和优质服务等不同等级的电能质量服务。用户可根据自身的需要选择不同的服务等级。高于基本服务的等级，为在政策允许下实现“优质优价”提供技术条件。供电可靠性和电能质量有了改善，避免了停工的高昂代价和废弃产品的损失，同时节省了购买、运行、维护内部电力调理设备的费用。

解决方案从以下两个方面入手：

一方面从网架结构入手，针对高可靠性要求，使用 SSTS 在多个电源之间实现电源故障情况下切换时间小于 1/4 周波的主备电源间无缝切换；针对高电能质量要求，在用户侧和电网侧同时进行电能质量治理，利用 APF、TSF 设备的配合实现用户侧电能质量治理，利用 SVG 设备实现电网侧电能质量治理和电压稳定性维护。

另一方面从管理平台入手，开发优质电力园区主站系统，对园区可靠性指标、电能质量指标、电压无功指标，损耗指标进行实时监测、分析、控制；通过计算机智能实现无功电压协调控制和电能质量协调控制；对电能质量指标进行分析评估，对分析评估结果给予可视化展示。

优质电力园区解决方案是针对一个普遍性的需求提出的，在方案的设计、研发和实施过程中，立足于实际需求的需要但不拘泥于具体问题，是充分考虑解决办法的普适性。整个方案立足于高可靠性、高电能质量两大目标，是解决定制电力需要的可复用方案。

（作者：南京软核科技有限公司　戚光平　王朝明）

2.15　其他系统

FA67　基于分布式消火栓系统的解决方案

（CS07　北京明日电力电子有限公司）

近几年来随着我国智能电网建设的不断深入，传统的消防供电、配电及控制系统也逐渐向智能化、网络化方面发展。因此未来消防系统将主要体现在：系统及网络的安全性方面、系统设备的兼容性方面、系统监控数据信息共享方面、系统之间网络互连互通方面。系统内的设备具有高度的独立性，不同职能及功能的设备逐渐演化为一些小系统，各个小系统可以独立运行互不干扰。同时系统与系统之间数据的传输又具有透明性，系统内的用户可以共享数据信息。综上所述采用基于分布式的消防系统可以更好地满足要求，分布式消防系统是最近几年各行业相继引入的新概念并得到快速发展的新技术，它适用于智能电网同样也适用于消防系统。目前基于分布式的系统已成为国外消防系统的主流。最近颁布并在今年 5 月 1 日正式实施的 GB50116—1013《火灾自动报警设计规范》中也不难看出“分布式消防系统”将是我们未来几年消防系统建设的重要发展方向。

1. 概述

我国现阶段应用最为广泛的《火灾自动报警系统》主要体现的是集中型监控方面，网络化程度相对还不是很高，不同系统或设备之间的网络互连性也相对较差。消火栓系统作为火灾自动报警系统是非常重要的一部分，现阶段的消火栓设备是大多数不具备数据通信能力也不具备对设备运行状况远程监控能力，并且与消防设备之间的联动控制仍然建立在基于开关量接口的互连架构之上。因此在实现构建分布式消防系统方面还需要进一步向网络化方面发展。例如，我们最常见的火灾报警系统中往往一台联动控制器监管着多个受联动的设备，主要有自动喷水灭火系统、消火栓系统、防烟排烟系统、防火门及防火卷帘门系统等，这些设备最显著的特点是智能化程度不高，缺乏网络通信能力，与联动设备之间的连接大多数采用基于开关量的输入输出模块实现，系统中多个不同职能及功能的设备都依赖于一台联动控制器，因此整个系统中容易因联动设备的故障造成系统的全部瘫痪。分布式消防系统可以有效地弥补这些不足。它将这些集中控制的系统分成多个可以独立运行的小系统，当某一小系统故障时系统会自动隔离，确保其他的系统不受影响，避免应联动控制器故障造成整个系统瘫痪的情况。

2. 现阶段我国消火栓系统主要架构及特点

（1）系统组成及工作原理

消火栓系统属于消防系统的一部分，一般由消防给水管网、室内消火栓设备、消防泵控制设备、报警控制设备及附件等组成。当建筑物内设有火灾自动报警系统时，如发现火灾现场的人员打开消火栓的阀门后按下消火栓按钮，消火栓按钮的动作信号发送至消防联动控制器，消防联动控制器确认按钮动作信息后，联动控制消防泵起动，消防泵的起动信号反馈至消防控制室，并在消防联动控制器上显示。

（2）室内消火栓系统组成（见图 1）

3. 基于分布式消火栓系统的实现方案

（1）分布式消火栓系统组成

分布式消火栓系统主要由消防给水管网、消防蓄水池、室内消火栓设备、消防泵控制设备、消防巡检试水控制单元、消防增压装置控制设备、消火栓按钮、消防管网压力流量监测模块、室内消火栓控制设备等组成。图 2 给出了分布式消火栓系统的示意图。

（2）分布式消火栓系统的实现方案

在图 2 中分布式消火栓系统是通过 CAN 总线将系统中各功能相对独立的模块连接起来的，这些模块由一台室内消火栓控制设备集中监控和管理，室内消火栓控制设备实时检查本系统内水箱的水位信号，消火栓按钮报警信号，管网压力、流量信号等，并根据监测到的数据信息，在满足控制逻辑的情况下直接控制消防泵控制设备起动消防泵。同时室内消火栓控制设备将本系统内设备的工作状态及监测数据等信息通过网络接口上传至消防联动控制器，并接收联动控制器发出的联动控制信息来控制相关的设备工作。系统还具备消火栓设备的自动巡检功能，通过定期对消火栓泵巡检试水运行可以有效预防水泵锈蚀，或因水泵故障所导致的压力、流量不能满足消防给水要求等问题。

（3）分布式消火栓系统与分布式消防网络的网络架构（见图 3）

（4）分布式消火栓系统特点

1）分布式消火栓系统的智能化：智能化方面主要体现在消防泵自动巡检功能，消火栓设备工作状态自动监测方面、消火栓设备及供电电源的自动监测与保护方面（过电压和欠

电压监测与保护、断相监测与保护、过电流监测与保护、消防管网压力和流量的监测、控制阀信号的监测）、消火栓设备的本地控制及远程控制方面、设备历史运行及故障记录的查询方面等。

2）分布式消火栓系统的网络化：网络化方面主要体现在系统中各个不同功能的设备或监测单元都通过 CAN 总线与室内消火栓控制设备相连接，通过总线的方式实现了对各个功能设备或单元进行集中的管理和监控。消火栓控制设备和火灾报警系统之间数据通信采用了基于 LAN 局域网网络架构，本局域网内的消防设备之间易于实现信息的共享及联动控制等，便于通过多种接入网技术实现城市消防网络集中管理及监控。

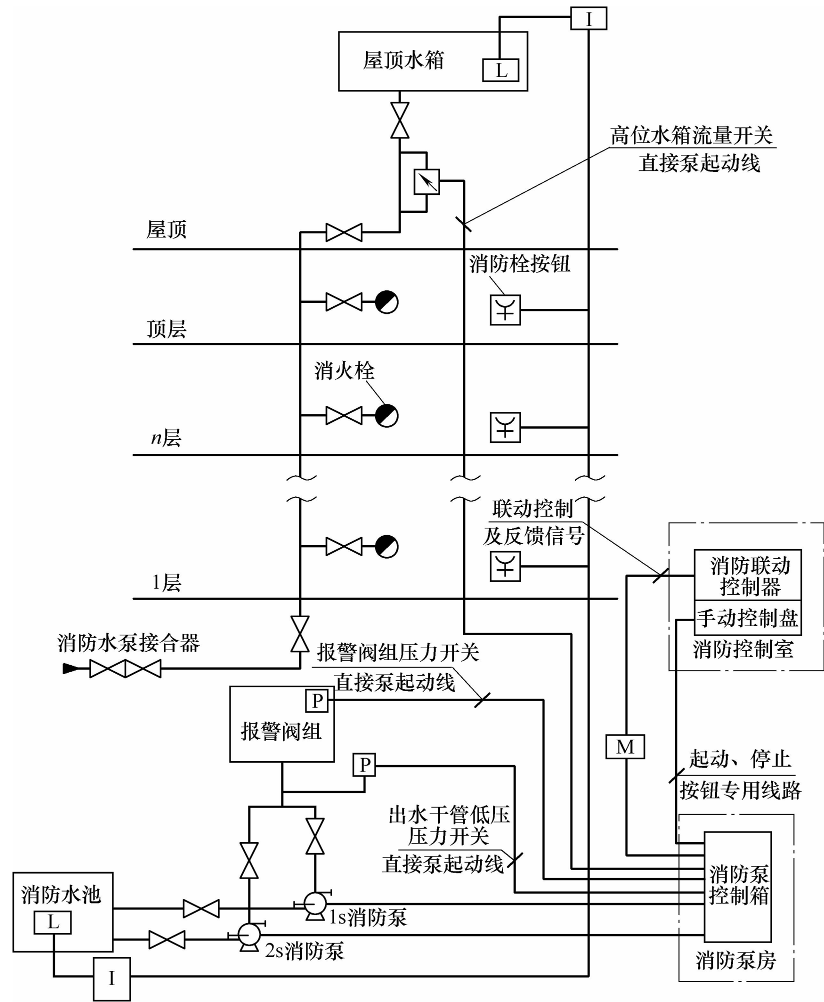


图 1　室内消火栓系统的组成

3）分布式消火栓系统的安全性和可靠性：安全性和可靠性方面主要体现在，分布式消火栓系统是建立在基于网络架构之上的，系统可以独立运行，同时又可以和消防联动控制系统通信，接受联动控制器的控制，其独立性可以有效的减小联动控制器的系统故障或网络故障对消火栓系统的影响。另一方面分布式消火栓系统具有对消防供水管线和供电电路及消火栓设备的状态进行监控能力，可以对系统中的设备在非消防应急状态下或消防应急状态下的工作性能进行实时的监控。从而提升了整个消火栓系统的安全性和可靠性。



图2　分布式消火栓系统示意图

1—系统低压信号　2—水池水位信号　3—消防巡检开阀信号　4—按钮开泵信号　5—系统高压信号　6—水流开泵信号　7—高水箱消防水位信号　8—阀门关闭显示　9—稳压联动信号　10—消防试水管线流量信号　11—运行反馈信号

（5）基于分布式消火栓系统的消防泵控制设备（见图4）

针对分布式消火栓系统我们开发了全系列的 BMF-CS 消防泵、双电源控制设备，功率等级在（5.5～90kW）范围内，常用消防泵实现了全覆盖，并取得了公安部颁发的产品认证资质证书。产品的特点主要体现在，满足 GB 16806—2006《消防联动控制设备》中所规定消防电气控制装置的基本要求，主要突出了对消防水泵的控制、监测功能（一用一备或两用一备水泵控制功能，系统电压、电流、水位、压力、流量及各控制阀的状态监测功能），双

电源互投转换功能、消防泵软起动功能、消防泵定期巡检功能，基于 CAN 总线的数据通信功能等。

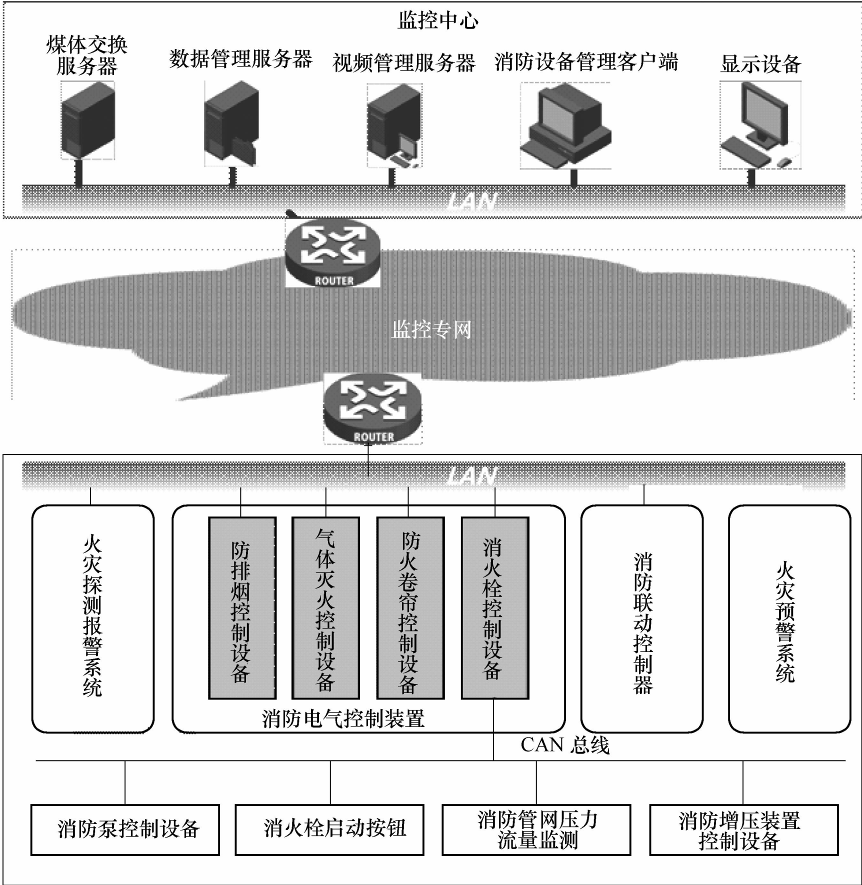


图 3　分布式消火栓系统



图 4　BMF-CS 消防泵泵、双电源控制设备

在图 5 中给出了 BMF-CS 消防泵控制设备数据监控部分的显示界面，主巡检柜与控制柜之间通过 CAN 通信总线进行数据通信，实现对每台消防泵的监测与控制。

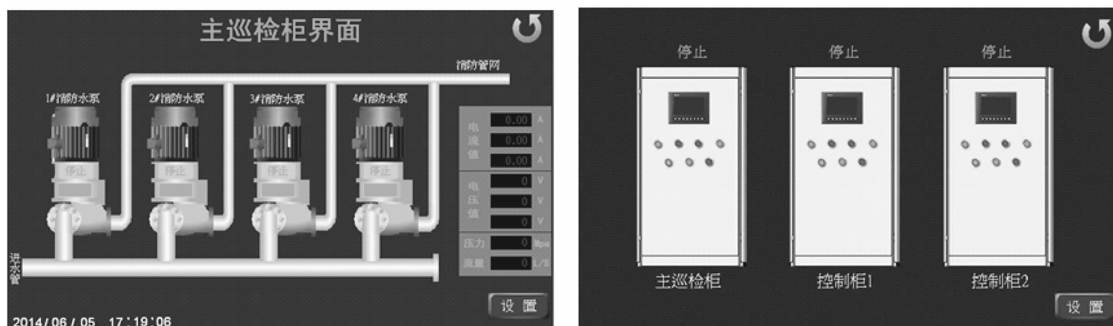


图 5　基于分布式消火栓系统的消防泵控制设备数据监控界面

（作者：北京明日电力电子有限公司　张天福　卢其威）

FA68　系统接地保护智能在线监测解决方案

（CS38　上海臻和防雷电气技术有限责任公司）

1. 概述

防雷保护系统的接地系统是外部防雷措施的重要环节，接地系统的接地电阻退化、将严重影响接地泄流效果和耐流耐压能力，甚至使防雷装置蜕变为接雷装置，造成极大破坏性的雷击事故，威胁建筑物和设备的安全。同时可靠的接地系统可防止人身遭受电击、设备和线路遭受损坏、预防火灾和防止雷击、静电损害设备或系统。系统接地保护是否良好，直接影响设备的安全运行，接地电阻测量也是各种电力系统验收必须检测的项目，但很多项目在验收阶段接地良好，随着时间推移，因接地环境复杂，土壤出现强酸性或强碱性变化，接地装置出现锈蚀（见图 1），还有部分人为破坏因素，导致原有的接地电阻检测数据失效，因此监测防雷接地电阻状态是保障防雷安全的重要手段，是建立智能电网用户端的重要组成部分。



图 1　防雷保护接地系统中接地装置锈蚀情况

2. 常规接地电阻测试方法局限性

常用接地电阻测量仪外形如图 2a 所示，由手摇发电机、电流互感器、滑线电阻器及检流计等组成，附件有辅助探棒导线等。仪器的工作原理为基准电压比较原理。

使用常规方法测量接地电阻的原理电路如图 2b 所示。R_X 为待测接地体 E 的接地电阻，X、D 分别为电压（位）极、电流极与被测接地体之间的距离。电源接通后，电流沿电流极、接地体构成回路。只要 X、D 足够长，且具有合适的比例关系，接地电阻 R 就可用下式

表示：$R_X = U/I$ 测得电压极与接地体之间的电压 U 和回路流过的电流 I，就可求得 R。

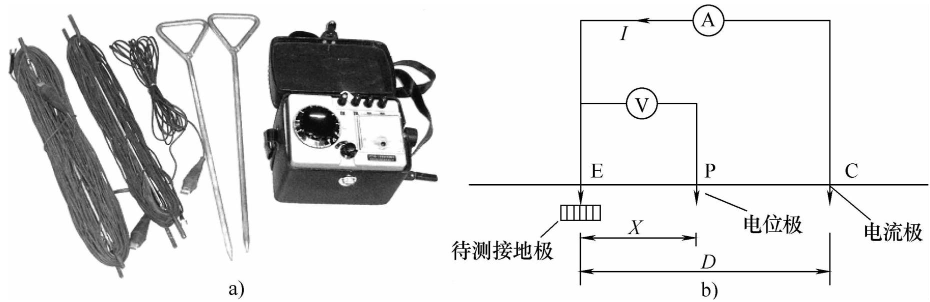


图 2　常规接地电阻测量仪及测量原理电路

a）测量仪外形　b）测量电路

传统方法测试接地电阻的不足如下：

1）防雷接地系统（地网）周边土壤构成不一致，地质不一，紧密、干湿程度不一样，具有分散性，地表面杂散电流、特别是架空地线、地下水管、电缆外皮等，对测试影响特别大，需取不同的点进行测量，取平均值。

2）测试时需准测试方向和辅助电极有一定的测试距离要求，同时辅助接地极电阻过大，需在地桩处泼水或使用降阻剂降低电流极的接地电阻。

3）放线方向容易干扰影响测试，使仪表读数减少跳动，测试不确。

4）测量必须断开接地回路，检测作业繁琐，且不能满足实时监测需求。数据记录采用传统方式时，不易分析和保存。

5）无法实现远程数据通信，记录结果无法及时反馈到控制中心。

3. GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪

GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪是针对传统方法测试接地电阻的不足，分析防雷接地电阻测试的实际情况，采用新的防雷接地电阻测试手段，实现防雷保护接地系统在线检测。

（1）GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪测试原理（见图 3）

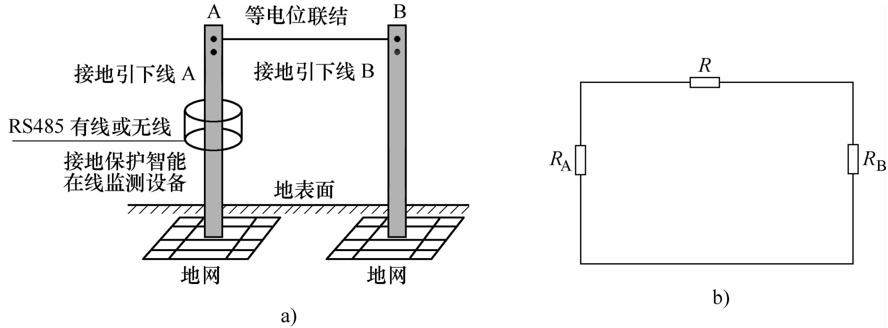


图 3　GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪测试示意图及等效电路

a）检测示意图　b）等效电路

GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪测试原理是测量回路电阻值。回路电阻定义：回路电阻包括 A 接地点对地的接地电阻值、接地引下线金属导体的阻值、等电位连接线的阻值、

接地引下线与等电位连接线之间的连接电阻值（接触电阻）、B 接地点对地的接地电阻值、地网内部电阻值等几个电阻的综合值。设定 A 接地点对地的接地电阻值与金属导体电阻值记 R_A，B 接地点对地的接地电阻值与金属导体电阻值记 R_B，其他电阻值记作 R，若检测仪测试出的综合值为 4Ω，即 $R_A + R_B + R = 4.0\Omega$，地网 A、地网 B 两个并联起来对地的实际接地电阻值一定小于等于 2.0Ω，据此可以判断 A 接地网络并联了 B 接地网络后的实际接地电阻值是否合格的。若地 A 接地点、B 接地点两者加起来的接地电阻值小于工程标准要求值，此时地网 A、地网 B 都是合格的。

（2）GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪工作方式

GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪通过传感器先给被测接地回路一个激励脉冲信号，在被测回路上感应一个脉冲电动势 E，在电动势 E 的作用下将在被测回路产生电流 I。传感器对 E 及 I 进行测量，并通过公式：$R = E/I$ 即可实现回路接地电阻在线监测、金属回路连接电阻在线监测、接地状况监测等。GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪的技术参数见表 1。

表 1　GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪技术参数

项目	技　术　参　数
输入电源	DC6～9V，150mA
电阻量程	0.01～200Ω
分辨率	0.001Ω
显示范围	0.00～500Ω
准确度	±2%
地线穿孔尺寸	60mm×30mm，闭口式（可以穿过 60mm×4mm 扁钢或外径 ϕ30mm 电缆）
溢出指示	显示值大于 500Ω 时，系统软件和 LCD 显示“0LΩ”符号
通信方式	有线网络：RS232、RS485 通信协议 无线网络：RS232、RS485、GSM 通信协议
网络点数	有线网络：1～255 个接地点，可扩展 无线网络：1～100 个接地点，可扩展
通信距离	有线网络：约 1500m，可扩展 无线网络：不限制
报警指示	检测仪声光报警和系统软件报警指示
报警设置	检测仪面板设置，系统软件设置
数据显示	LCD 直接显示，系统软件显示
工作温湿度	−20～55℃；20%RH～90%RH
温湿度误差	不超过 5%
换档	全自动换档

测试过程无需断开接地回路，一次安装后可长期监测，测试装置与被测接地部分无电气连接，不存在过电压相互串扰问题，确保设备独立安全运行。

4. 接地保护智能在线监测系统构成

GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪采用新型防雷接地电阻测试方式，结合计算机通信技术，对数据流进行传输已变得较为容易，同时为适应智能电网用户端的可视化、自动化，

高效性要求，提出的一套创新型监测系统方案。整个系统构成如下：

1）GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪，为系统提供基础数据；

2）系统供电模块，采用独立供电单元，具备隔离特性，同时具有能源智能管理机制；

3）数据通信网络，采用 RS232 或 RS485 工业通信协议，硬件接口采用光电隔离元件，实现就地测试数据远程传输，具有隔离浪涌的功能；

4）具备在复杂工况下通过 GSM/GPRS 通信协议传输数据的无线通信方式，解决布线困难，接线不可靠的问题；

5）控制中心配置有监测平台通信主机及配套软件，良好的人机交互界面为用户端提供直观、高效的工作环境。

5. 接地保护智能在线监测系统功能

1）可就地显示接地电阻值，设定接地电阻值报警门限值，监测值高于设定值时就地报警；

2）可远程设置硬件设备通信地址，便于集成组网；

3）记录数据自动存储报表，方便历史查询、分析监测点接地阻值的变化情况；

4）可根据被检测设备或系统不同的接地工程标准远程设定接地电阻值报警门限值，便于系统内部接地情况的差异化监测；

5）控制中心配置有监控平台软件，直观、动态显示被监测设备接地保护状况，连续变化情况分析，对系统接地保护可靠性作出提示信息。

6. 接地保护智能在线监测系统的优点

1）GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪为在线测试、非接触测量、地线穿心通过、不影响防雷接地效果和设施的正常运行；

2）系统接地保护智能监测设备供电电源采用独立供电系统，有效隔离了外界电磁串扰和电涌干扰，同时应用能源智能管理，可有效降低能耗，提高系统的可靠性；

3）设备无需自检，实时检测，实现测试现场与控制中心构建的通信网络可实现就地测试数据远程传输，远程在线监测；

4）系统接地保护智能监测设备内置传感器与电路板，完全封闭，具有防雨淋、防尘、耐高低温、防腐、阻燃等特性，确保野外、矿井下、室内等长时间在线监测的高准确度、高稳定性、高可靠性；

5）系统控制中心配置有监控平台软件，可实现远程数据监控，故障预警。

7. 系统接地保护智能在线监测设备及系统的应用

GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪可以单个安装使用，也可以组建成有线网络系统或无线网络系统使用。适用于输电线路杆塔接地、地下矿井设备接地、气象防雷接地、石油化工接地、通信接地、变配电站接地、铁路设施接地、建筑仓库接地和电气设备接地等。

（1）独立安装使用（见图 4）

GPC1-JDY 系列接地电阻在线检测仪就地可直接显示被测值，可以通过检测仪设置报警临界值，同时具有声光报警功能。

（2）有线网络系统（见图 5）

有线网络系统通过 RS232、RS485 通信协议传输数据，由主通信器（集中器）、监控软件、独立供电电源、计算机等组成，适合于 1000m 近距离或矿井下接地电阻监测。

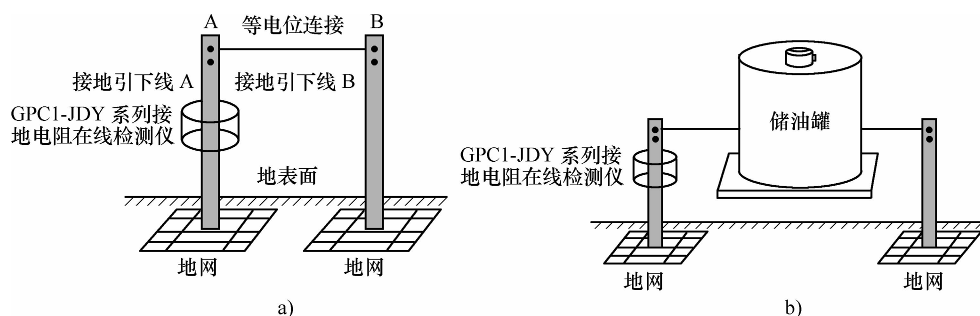


图 4　独立接地保护智能在线监测系统

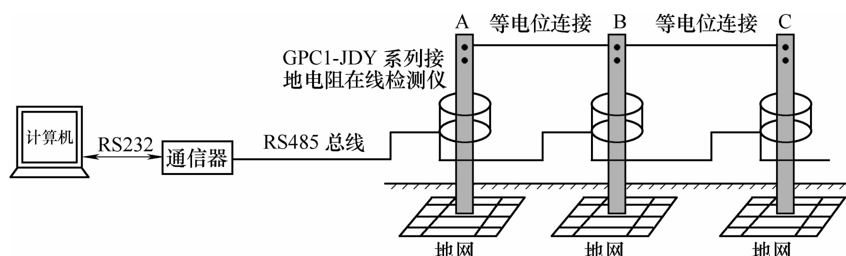


图 5　有线网络接地保护智能在线监测系统

（3）无线网络系统（见图 6）

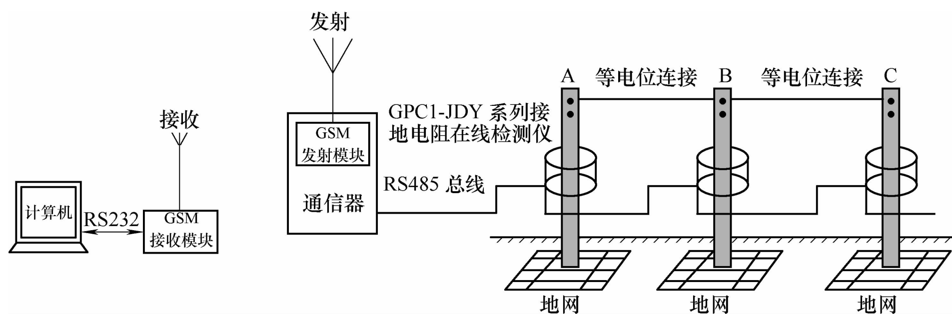


图 6　无线网络接地保护智能在线监测系统

无线网络系统通过 RS232、RS485、GSM/GPRS 通信协议传输数据，由主通信器（集中器）、GSM/GPRS 收发模块、SIM 通信卡、监控软件、独立供电电源、计算机等组成适合于远距离或矿井下接地电阻监测，距离不受限制。

一种接地电阻智能在线检监测网络显示平台（见图 7）

8. 结束语

系统接地保护智能在线监测解决方案提供了一种非接触方式在线检测防雷接地电阻新技术，可实现抗干扰的实时检测，为智能电网用户端提供远程、实时在线测量接地电阻的智能监测方案，对接地电阻的在线测量、动态监测、安全分析，还对接地系统的接地电阻退化、严重影响接地泄流效果和耐流耐压能力的状况提前预警，可有效避免因接地失效造成极大破坏性的雷击事故，起到预防经济损失和保障人身安全的作用。

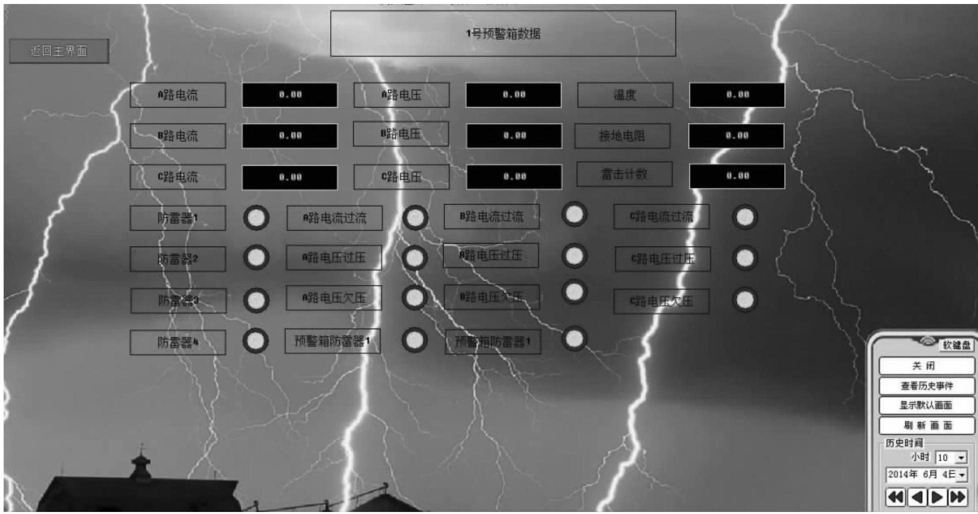


图 7　接地电阻智能在线检监测系统软件平台

（作者：上海臻和防雷电气技术有限责任公司　孙中梁）

FA69　无线远程费控方案

（CS41　深圳浩宁达仪表股份有限公司）

1. 概述

近些年供电公司为解决欠费问题相继安装使用了预付费电能表及其售电管理系统。预付费电能表的推广使用大大缓解了供电部门的收费压力，由于目前各地主要采用以 IC 卡为数据传递媒介的 IC 卡预付费电能表，因而在使用中还存在以下问题：

1）抗攻击能力差：IC 卡的丢失、损坏，特别是其开放的 IC 卡读写端口易受外界攻击。被攻击造成表内控制系统失效后难以取证认定，极易发生用电纠纷。

2）管理困难：由于 IC 卡购电的突发性和随时性，增加了供电部门的售电压力。同时为了保证数据的安全性，目前普遍采用智能 CPU 卡，它的 COS 系统和动态密钥认证保证了数据安全性的同时，也增加了用电管理部门的管理工作量。而且多环节论证增加非预期故障的发生。

3）难以适应电价政策性调整的需要：电价在购电时就已确定并且写在预付费电能表中，由于 IC 卡预付费电能表存储的电价不能做到实时调整，每次调价都给供电部门增加了很多工作量，电力用户为此也经常提出异议。

4）以 IC 卡为数据传递媒介的预付费系统：限制了电话银行、网上银行等购电方式的功能扩展。必须要求电力用户持卡到售电营业点购电，增加了电力用户的负担，降低电力营销的服务质量，同时也增加了供电部门的工作量。

5）数据采集不及时：无法实现反映用户用电状况，不能对窃电行为进行有效监控，不能满足用电管理自动化、现代化的需求。

因此，为解决IC卡预付费电能表在实际应用中存在的问题和弊端，我们研究开发了一种全新的预付费电能表——远程预付费电能表。这种远程预付费电能表以GPRS/无线作为信息传递媒介，通过用电管理系统实现远程预付费及其他用电管理功能。

2. 系统目标

1）解决商业用户欠费问题；

2）提供便利的付费手段；

3）提供有效合理的管理方式；

4）解决卡表出现的用户纠纷问题。

3. 业务流程（见图1）

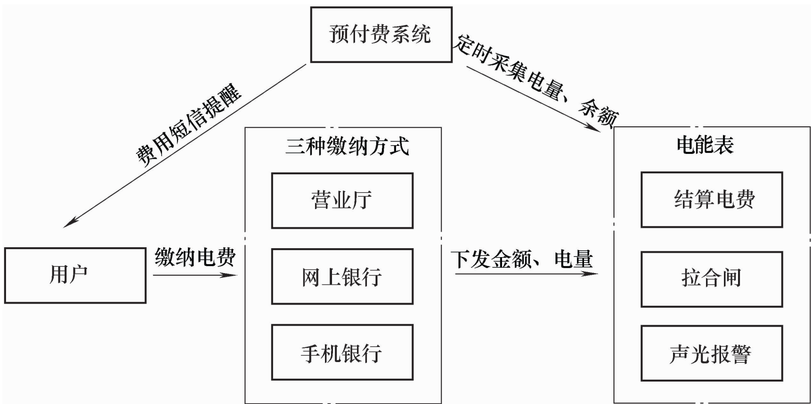


图1 远程付费电能表业务流

（1）付费场景（见图2）



图2 付费场景

付费方式多元化：

1）营业厅缴纳电费；

2）网银付费；

3）手机银行付费。

（2）管理控制场景（见图3）

用户欠费或余额较少时支持多种对电表的告警及控制：

1）系统下发短信告警；

2）电表内部发出声光报警；

3）电表内部自动拉合闸；

4）人工登录系统后拉合闸。

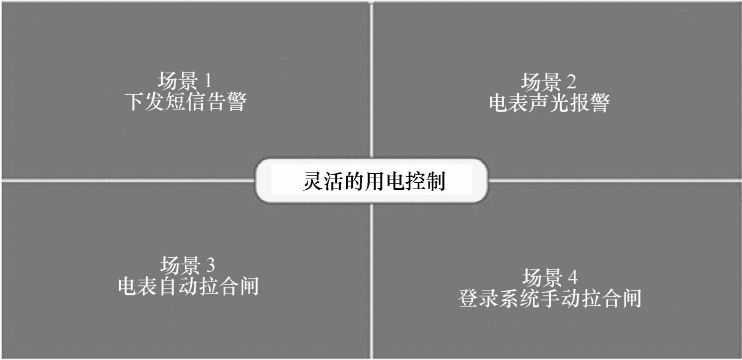


图 3　管理控制场景

4. 系统方案

（1）体系结构图（见图 4）

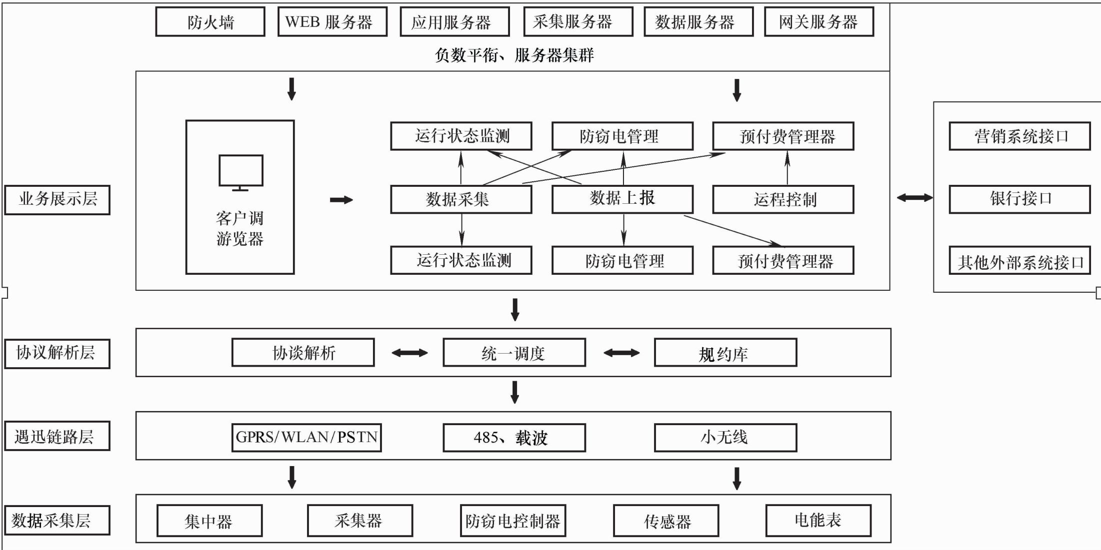


图 4　体系结构图

（2）系统方案图（见图 5）

方案描述如下：

1）远程费控系统自动结算用电金额；

2）费控系统向远程费控表下发电价信息；

3）本地费控表根据余额确定是否拉合闸；

4）费控系统向远程费控表下发用户充值金额及电量；

5）后台系统定时采集电能表电量及余额并在计算后发出告警信息；

6）费控系统可以通过 GRPS 与 GPRS 电能表通信；

7）费控系统可以通过 GPRS 与集中器通信后，通过集中器下行无线技术与费控电能表通信；

8）集中器可以通过无线技术与采集器通信；

9）采集器可以通过 RS485 接线与电能表通信。

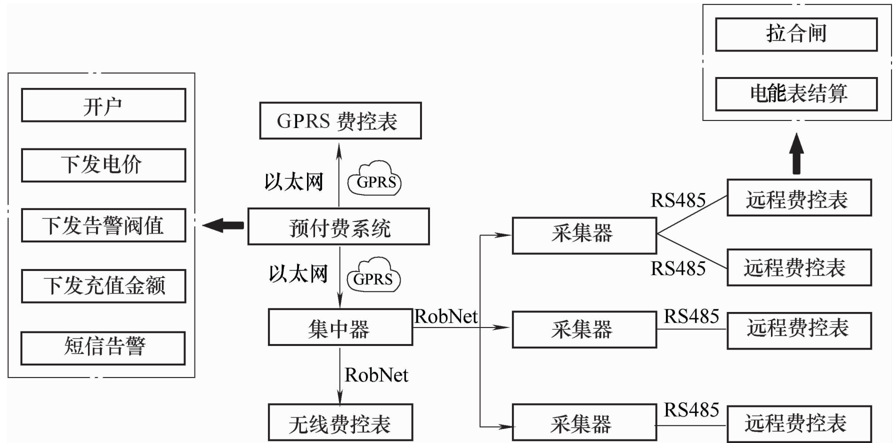


图 5　系统方案图

（3）原理组成及技术特点

1）预付费多功能基表的计量数据、预付费数据分开储存，存储信息相互独立，避免了以往 IC 卡预付费电能表由于计量数据与预付费数据相互干扰产生的死机、黑屏、乱码、无故报警、无故跳闸等故障。

2）通信模块由单独 CPU 控制，不设 FLASH，避免了数据重复存储，有效降低了制造成本，同时简化了系统工作流程。各种曲线及时间记录存储在基表内，通信模块根据主站的数据请求读取基表数据，进行规约转换，打包上送给主站。同时，通信模块也可以根据要求，主动向主站上送基表数据。通信模块可进行热插拔更换，兼容 GPRS/无线两种制式，便于维护。

3）预付费多功能基表的功能包括计量采样、数据存储、告警事件判断、预付费、负荷控制等，通信规约满足国标多功能电能表通信规约；通信模块功能包括远程通信、规约转换、数据转发、远程升级、远程校时等，通信规约满足国网负控规约。

4）用户购电金额通过主站远程下发，基表计算储存剩余金额。在运行过程中，基表根据计量的有功电量、费率时段单价、CT/PT 变比等信息，实时递减剩余金额。当剩余金额低于告警阀值时，基表产生声光告警，同时从告警端子输出告警，提醒用户及时购电。告警事件同时由通信模块上送到主站，主站再通过短信（或其他手段）通知用户。当用户剩余金额小于 0 时，基表输出跳闸信号，通过跳闸开关动作断电。基表同时产生跳闸事件，通过通信模块通知主站。

5）从安全性考虑，除与预付费有关的表计参数外，其他参数不能够远程设置。购电数据通过主站远程下发，不能通过本地红外或 RS485 口进行购电。如果用户购电时 GPRS/无线网络不通，主站可延时下发购电信息。在网络恢复正常后主站立即将购电信息下发到现场表计。当网络不通时，表计自动进入保电状态，此时即使剩余电量小于 0，跳闸端子也不输出跳闸信号。当网络不通时，表计自动进入保电状态。这样就避免了因网络不通而不能及时下发购电信息造成的跳闸事件。表计在正常运行状态下，主站也可以通过网络设置使表计进入和退出保电状态。保电状态不影响剩余金额的扣减、告警事件的上送、过负荷的判断，只

是对跳闸端子进行保护，使其不产生输出。供电部门工作人员在授权的情况下，也可以在主站通过 GPRS/无线网络，远程直接控制跳闸。

集中器：

1）通信协议符合 Q/GDW 376.1-2009 电力用户用电信息采集系统通信协议；

2）GPRS/GSM/CDMA/SMS 等多信道热备技术；

3）强电端子绝缘电阻 $>500M\Omega$；

4）工频耐压：AC2500V/1min；

5）工作温度：$-25\sim60$℃；

6）集中器能直接采集指定电能表的响应数据项：电量、余额、电压、电流、功率、需量等；

7）能根据抄表方案自动采集采集器或电能表的数据；

8）集中器支持自动补抄功能；

9）数据存储容量达到 100MB 以上。

采集器：

1）通过 RobNetTM 无线自组网；

2）通过 RS485 总线，与电能表进行通信；

3）保存管理档案内 20 块电能表的最近 5 天电量数据；

4）内部配置有硬时钟对自己内部任务进行管理；

5）集中器通过采集器采集数据。

（4）智能远程费控表

1）事件记录；

2）异常报警；

3）支持够电卡续费；

4）电能表自动结算电费；

5）电能表内部自动拉合闸；

6）低温液晶显示器；

7）输入输出数据度量；

8）V（电压）和 A（电流）监控器。

（5）RobNet 无线

无线技术为供电部门提供一个高可靠、实时快速，具有广泛环境适应性，与现有其他窄带集抄技术成本相当的现场智能无线网络，除满足大规模集抄的单一需求外，并能提供现在及将来一系列的增值功能和服务，如实时线损管理、远程断送电、涵盖中小动力用户、远程无卡预付费、防窃电报警等。

无线技术为降低大规模实施低压电能数据采集的风险提供一个最佳的技术选择，尤其是在低压电网谐波等通信环境将来可能发生较大变化的区域，以及广大居住环境分散、线路复杂的现有居民区，以及工业商业密集区和城乡结合部等地区，更能发挥优势。

1）智能：自组网（ad hoc），自动组合网点；

2）可靠性：全面抄读数据成功率不小于 99%；

3）响应速度：实时的，在较短的时间内抄收远程电能表数据；

4）数据抄收成功率：本地网络 38.4～200kbit/s；

5）通信速率高：空中通信速率可达38400bit/s，本地接口9600bit/s；

6）高度频率自适应机制：参照北美FCC15.247，采用跳频技术、高抗干扰，保证现场复杂环境下长期稳定可靠运行；

7）支持增值服务：如实时线损管理、远程断送电、涵盖中小动力用户、远程无卡预付费、防窃电报警等；

8）工作于470～510MHz免费频段：已获国家无委会型号核准，复杂环境有良好的覆盖距离和穿透能力。表1给出了无线与载波优劣势对比。

表1 无线与载波优劣势对比

对比项	RobuNet无线自组网技术	载 波
信号覆盖	社区环境，跨楼层楼宇之间及信号覆盖效果好，基本无需安装路由中继点	受谐波等因素影响较大，无法跨台变及动力用户传输信号
环境适应性	具有良好的绕射能力，适应各种社区环境和天气变化，长期稳定可靠	投入运行后，容易受谐波污染、用电负荷变化和线路阻抗变化的影响，系统长期运行的可靠性、稳定性较差
技术特点	是WSN的一个具体实施形态，吸收ad-hoc无线网状网络技术之特点，专门针对电能数据采集应用环境研发，工作于更优越的1GHz以下频段	
批量安装	大面积应用，批量运行。同属1GHz以下的WSN相关技术，以北美为代表世界范围已有上亿用户的应用	通信的可靠性、实时性不好，当要求支持曲线电量、远程控制等功能提升，难以大规模推广应用
运行维护	组网智能化，较少受外界因素的变化影响，系统能够长期稳定、可靠运行。维护费用小。实时性很强，一次抄收成功率大于99%	对未来电网变化的不可预知性，造成一次抄收成功率变低，维护费用较大
增值服务	数据通信波特率高，空中无线为19.2～100kbit/s，本地为9.6kbit/s或以上。可以进行较大数据量通信，便于实施增值服务，如曲线电量、远方跳合闸、远程售电、远程修改时段、防窃电、实时监控等	在低压电力用户成本限制下，数据通信波特率低，典型的载波传输的波特率为300～1200bit/s，不能进行大数据量通信，不便于供电局的增值服务；目前，仅限于月冻结电量的抄收

（6）各节点通信方式

1）GPRS：集中器上行通信，负责网关到集中器或GPRS表的通信。

2）RobNet无线：集中器下行通信，负责集中器到采集器或无线电能表的通信。

3）RS485：采集器下行通信，与电能表连接通信。

5. 系统功能

（1）数据采集

数据采集支持GPRS、CDMA等公共无线数据通信方式、拨号通信方式，同时支持网络通信、短信、GSM相接合的通信方式。

系统支持多采集服务器负荷均衡、多线程并发的通信调度管理机制。

系统支持灵活配置两个或多个通道互为备用，多通道根据任务繁重程度自动均衡负荷。

系统可定时和随时抄录远方数据，定时采集的时间间隔和数据采集项目可由授权用户灵

活定义，重复召唤的次数也可由授权用户灵活定义。根据应用需要可灵活制定抄表策略。

对无法抄录的计量点，系统应以多种的方式发出报警，以便值班人员进行人工抄录，对因主站故障未能抄录的数据，在系统恢复正常时，应能自动补测。

表计异常、CT/PT 异常、客户侧终端异常或故障等事件，应能及时主动上报。

主站采集服务器与终端的通信应支持广东电网公司组织制订的通信规约，并要求同时支持 TCP 协议和 UDP 协议。

系统支持远程升级终端软件功能，支持远程升级终端电能表规约库。

系统应支持遥测以下数据项目：

1）日负荷曲线：实时有功、无功功率、每日和当前功率曲线、功率极值及出现时间、最大需量及出现时间、功率因数等。数据采集时间间隔为 15min 或 30min。00：15～24：00 每 15min 的总有功、无功平均功率。

2）每月、每日和当前有功、无功电能量累积值，有功、无功电能量曲线、分时有功电能量累积值。

3）正反向无功、四象限无功。

4）A、B、C 三相电压、电流、功率、功率因数。

5）电流过负荷数据：最近 100 次电流过负荷记录，每条记录包括电流过负荷开始（结束）时间、过负荷相别、过负荷时的最大电流。

6）失电压记录、断相记录，每个记录包括事件、开始时间、持续时间等。其他事件记录：过电压、不平衡、逆相序、上/掉电、超功率、清需量、系统清零、初始电量、校时等，每个记录包括事件、开始时间、持续时间等。

7）抄表数据：通过终端与计量电能表间的数据接口和通信得到的电能表读表数据和指定时间冻结的电能表读数。

8）设备工况数据：计量变送器工况、电能表工况、计量设施工况和开关状态等。

9）越限用电事件、负荷控制事件、计量设备工况变化事件、终端运行异常事件、操作事件等。这些事件发生的起止时间、发生时的负荷及电量值。

10）数据采集方式：

a）定时采集（定时巡测）：系统每日定时自动采集终端记录的各类用电数据，对采集失败的终端数据有自动补采功能并给出相应运行记录。

b）随机采集：系统可以任意选项对指定终端的指定数据进行随机数据采集。

c）事件响应：系统应及时响应客户端事件及终端记录，响应方式按信道不同分为，①在公网方式下，终端检测到客户端事件后主动向主站传送告警信息和事件记录数据；②在电力专网方式下，待与主站通信时立即随上行报文向主站发出事件响应请求，主站响应终端请求召测相应的事件记录。

（2）对时功能

系统具备与 GPS 对时的功能，保证全系统与标准时间的误差不大于 3s，并支持从其他系统获取标准时间，对时方法要求如下（采用 GPRS 方式）：

主站读取终端时钟，若在 $T_1<3\text{s}$ 接收到终端返回信息为有效，如果连续 10 次无效，取消本次对时；

主站先计算终端与主站的时钟误差 ΔT，若 $\Delta T<3\text{s}$，主站不进行对时；若 $\Delta T\geqslant 3\text{s}$，主站将 $\Delta T+T_1/2$ 做为终端时钟误差以实时写对象命令方式下发给终端，有效时间默认为 10

分钟；

终端接收到命令后，判断该命令若是在有效时间内，则执行对时命令，将时钟更改为当前时钟 + （$\Delta T + T_1/2$），否则命令失效，并通知主站。

（3）开户功能

通过开户功能将电表的远程费控功能激活。

（4）购电功能

将用户缴纳的金额下发至智能电表中。

（5）远程控制

可根据现场情况手工对电表拉合闸操作。

（6）事件上报

设备发生的如下异常事件都会自动上报至后台系统：

1）电压逆相序；

2）电流反极性；

3）停电、上电报警；

4）过负荷、过电流、过电压、欠电压、电流不平衡；

5）无功过、欠补偿；

6）电压越上、下限报警；

7）失电压、断相报警；

8）电流越上限报警。

（7）短信告警

数据采集后，根据预先设定的告警阈值与当前电表的余额匹配，低于阈值则发送短信通知用户缴费，避免拉闸停电。

（8）用电监控

预付费系统主要监控当前欠费用户、到达报警阈值用户、特殊用户，以灵活应对各种情况（见图 6）。

用户名	用户特征	时间	当前余额	剩余电量	当前示值
001	欠费	2013-2-1	0	0	8768.3
002	到达告警	2013-2-1	200	220	3527.8
003	特殊用户	2013-2-1	5000	5500	5366.5
004	正常	2013-2-1	3400	4000	6768.4
005	正常	2013-2-1	5000	5500	8768.3
■ 所用用户	■ 欠费用户	■ 到达告警阈值用户	■ 特殊用户		

图 6　预付费监控界面

（9）用电数据分析

利用曲线报表分析用户用电动态如图 7 所示。

（10）线损分析

线损分析可通过采集线路上的变电站、配变、专变、专线、考核点的电能表数据，根据线路的电网结构设置供电、售电关系，以及线路情况等，计算线路供电量、售电量、线路损耗电量，进而计算统计出线损率，以提供线路电能损耗情况，从中查找发现损耗位置，并可进一步分析、判断线损原因，发现窃电，或寻找丢失的和未纳入计量考核范围的但实际存在供电线路。

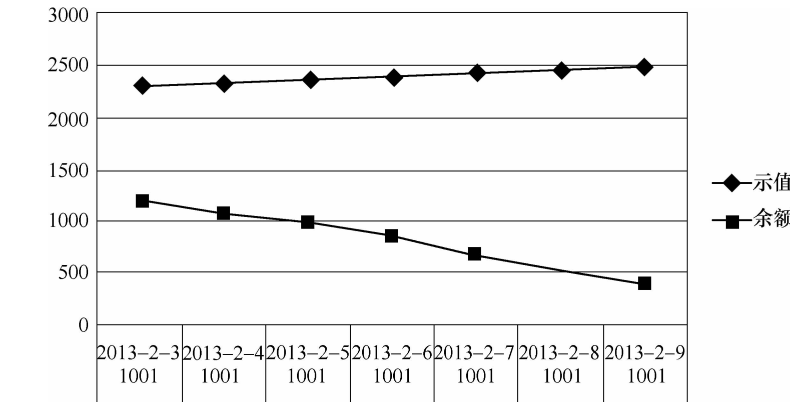


图7　用户用电动态图

（11）电能质量统计分析

1）电压合格率统计分析；

2）功率因数统计分析；

3）供电可靠性统计分析；

4）变电站平衡统计分析；

5）过负荷检测分析。

（作者：深圳浩宁达仪表股份有限公司　刘鹏）

FA70　基于 netPLC 模块的防闪络后备电源系统

（CS12　德国赫优讯自动化系统有限公司上海分公司）

1. 概述

在夏季雷雨多发季节，电网会发生瞬时电压跌落的现象，称为电网闪络，在很短的时间内（0.5～1s）电压会产生很大的下降甚至完全断电。在聚酯和长丝生产线上大量使用的变频器会由于电网闪络而产生欠电压故障。由于聚酯和长丝连续生产的特点，熔体出料泵和纺丝增压泵瞬时停车会造成纺丝生产线全线停车排废，损失巨大。因此，需要有一种后备电源系统，能在电网电压瞬时跌落的时间里（1s 左右），能够提供变频器短时工作的能量。

深圳京能纺系统集成有限公司的防闪络后备电源系统（见图 1），采用动力锂离子电池储能的方式为变频器提供瞬时直流供电，维持变频器的运行。因为在聚酯和长丝生产线中，控制系统使用的是 UPS 电源，因此这种电网闪络对控制回路不会造成影响。

2. 系统组成

防闪络后备电源系统由若干子系统组成，主要包括动力锂电池组、DC/DC 转换器、电池管理系统、充放电器、PLC 控制系统与直流分配系统等。系统结构如图 2 所示。

3. 系统原理

动力锂电池与 DC/DC 转换器的输入侧连接，DC/DC 转换器输出通过钳位二极管与变频器直流母线连接。电池组电压为 DC440V，DC/DC 转换器的输出设定为 DC510V。当电网供电正常时（380V），变频器直流母线电压为 DC540V，这时钳位二极管处于反向截止状态，电池组不会向变频器供电；当电网发生闪络时，变频器直流母线电压降落到 DC510V 以下时，钳位二极管正向导通，电池组通过 DC/DC 转换器向变频器供电，而 DC/DC 转换器将控制直流电压维持在 DC510V。为保护电池不会过放电，一台 PLC 控制 DC/DC 供电时间不超过 30s。每个变频器供电回路均安装钳位二极管，保证变频器直流回路之间没有环流，以及不影响正常供电回路。每个供电回路均安装快速熔断器起保护作用。每个供电回路都有一个接触器，当主变频器处于准备好状态时，接触器闭合，直流回路可以供电；当主变频器故障产生或处于检修状态时，准备节点断开，控制接触器断开，保证这路直流不会对检修造成影响。在每个供电回路还要安装一台断路器，在检修时断开，确保检修时的安全。控制框内部图如图 3 所示。



图 1　防闪络后备电源系统概述

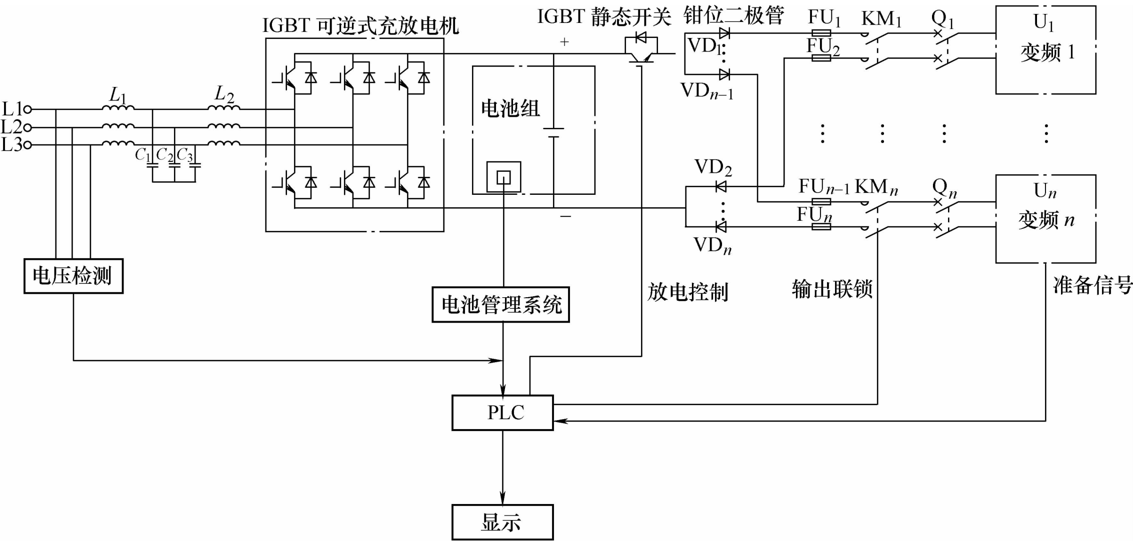


图 2　系统结构图

4. 子系统说明

电池组一般选用三元聚合物锂电池，并带有电池管理系统。京能纺公司的电池管理系统是在普通电池管理系统不能满足要求的情况下独立开发研制的一种电池管理系统。此系统可

以检测并计算出每一节电池的电压、温度、内阻、充放电电流以及 SOC（充电状态，也就是电量值），并且以工业总线通信的方式传送给控制系统。电池管理系统提供的信息可以直接定位到故障电池的地址，方便快速判断故障位置及类型，节省维护时间。

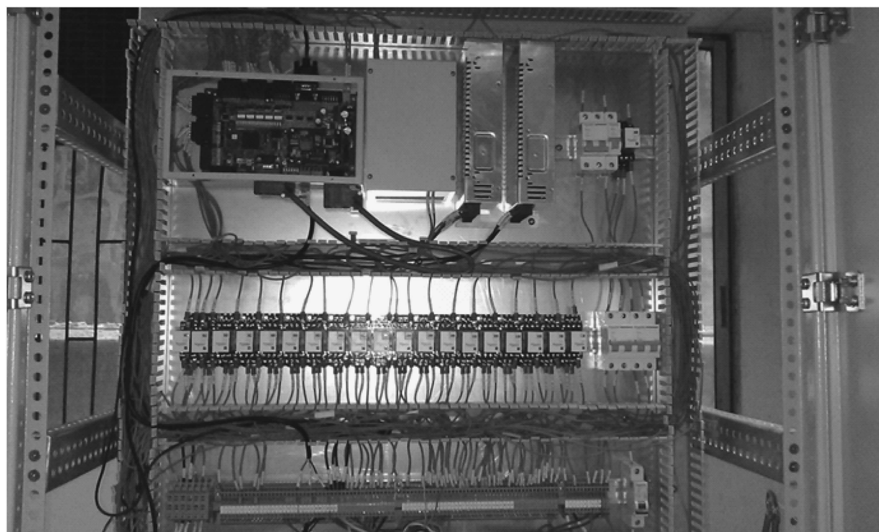


图 3　控制柜内部图

专门定制的充电器（IGBT 可逆式充放电装置）是一种可控式主动整流装置。基本原理与逆变桥类似，但功能是利用三相 IGBT 桥进行整流控制，这种回路可以精确地控制直流电压和电流的大小，控制系统通过总线通信方式可以设定电池组的充电电压、电流等参数，实现电池的均充/浮充、恒流/恒压等充电功能。

将电池供电接入变频器需要直流分配系统，包括断路器、钳位二极管、接触器、快速熔断器以及变频器侧空开等。控制系统检测到变频器得电后发送过来的“准备好”信号后，由 PLC 控制相应的输出接触器闭合。钳位二极管使变频器的直流回路之间不会形成环流，也不会使变频器对电池组供电。使用快速熔断器作为直流回路保护器件，可以保护接地、短路等故障。

控制系统是控制整个电源系统正常工作的核心，而 PLC 控制器又是控制系统的核心，能够协调各个子系统间的互相配合运行。PLC 控制器采用赫优讯公司的 netPLC 模块（见图 4 及图 5 中框内）。netPLC 基于赫优讯 netX 技术，是即插即用的集成现场总线通信功能与逻辑控制功能的嵌入式模块。用户可以使用西门子公司 STEP7 编程工具编写自己的逻辑程序，也可以使用 CoDeSys 或 MULTIPROG 等 IEC-61131 标准的编程环境。模块上的 PROFIBUS-DP 主站接口，能够实现中小型 PLC 的性能来控制本地 IO 及分布式远程 IO。

PLC 的功能是对电池的电量和充放电进行管理，将电池的电量控制在 50% 左右，以延长电池的使用寿命。PLC 还管理着直流挂网原件（接触器）的动作，检测相应回路的变频器的准备信号，当这个信号 ON 时，表示该变频器送电，直流母线工作，则合上接触器，准备直流供电；当检测到准备信号 OFF，则说明该变频器处于检修状态或是没有送电，PLC 将切断相应的接触器，防止误送电至检修位置。系统中还配置有人机界面，采用触摸屏形式，PLC 将电池组的相关数据（电压，温度，SOC 等）、充电放电的相关操作和指示，放电时间等事件记录，以及故障信息等发送到触摸屏上进行显示。

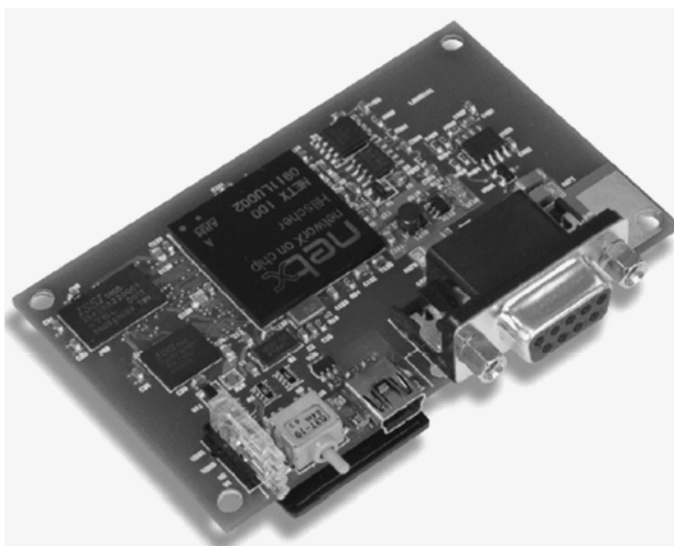


图 4　赫优讯 netPLC 模块

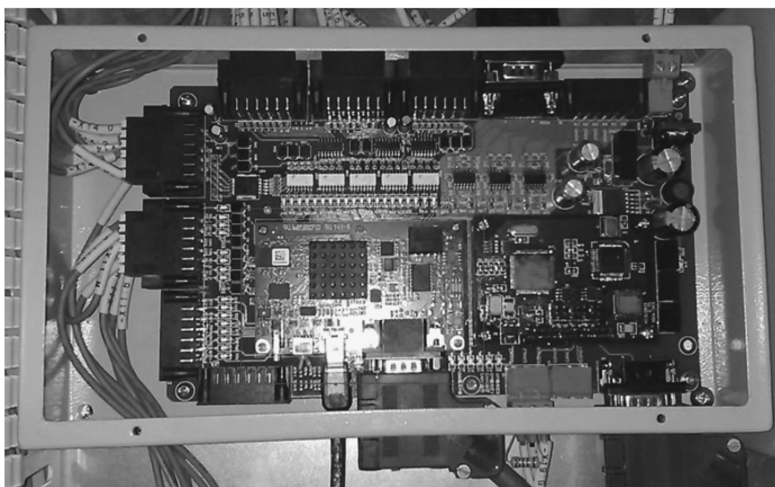


图 5　基于 netPLC 的控制器

5. 结束语

德国赫优讯 netPLC 模块使用标准 STEP7 软件作为编程环境，非常易于工程师上手。netPLC 模块是作为中小型 PROFIBUS-DP 网络中控制器的理想方案。深圳京能纺系统集成有限公司的防闪络后备电源系统，应用德国赫优讯 netPLC 嵌入式 PLC 模块，通过 PROFIBUS-DP 网络实现对整个系统的控制。目前，该公司的防闪络后备电源系统已经在多个聚酯装置的变频系统工程上成功进行了实施，成为了非常成熟的防闪络解决方案。

（作者：德国赫优讯自动化系统有限公司上海分公司　袁海峰）

第 3 部分　厂商简介

（按厂商名称拼音字母排序）

CS01　ABB（中国）有限公司

ABB 是全球电力和自动化技术领域的领导企业，致力于为工业、能源、电力、交通和建筑行业客户提供解决方案，帮助客户提高生产效率和能源效率，同时降低对环境的不良影响。ABB 集团的业务遍布全球 100 多个国家，拥有 15 万名员工，2013 年销售收入约为 420 亿美元。

ABB 集团是全球 500 强企业之一，总部位于瑞士苏黎世，在苏黎世、斯德哥尔摩和纽约证券交易所上市交易。ABB 由两家拥有 100 多年历史的企业——瑞典的阿西亚公司（ASEA）和瑞士的布朗勃法瑞公司（BBC Brown Boveri）在 1988 年合并而成。

ABB 与中国的关系可以追溯到 20 世纪初的 1907 年。当时 ABB 向中国提供了第一台蒸汽锅炉。1974 年 ABB 在我国香港地区设立中国业务部，1979 年在北京设立办事处。1992 年，ABB 在厦门投资建立了第一家合资企业。1994 年 ABB 将中国总部迁至北京，并于 1995 年正式注册了投资性控股公司——ABB（中国）有限公司。

经过多年的快速发展，ABB 迄今在中国已拥有 37 家企业、在 109 个城市设有销售与服务分公司及办事处，拥有研发、生产、工程、销售与服务全方位业务，员工人数约 1.9 万名。2013 年 ABB 在中国的销售收入超过 56 亿美元，保持 ABB 集团全球第二大市场的地位。

ABB 的电动汽车充电业务在全球处于领先地位，拥有强大的研发、生产和服务能力。ABB 电动汽车充电业务在荷兰、美国和中国设有生产基地，涵盖直流快速的商业充电机、家庭壁挂式充电机和基于互联网的在线服务的一体化充电服务解决方案。ABB 在中国设有研发、生产、销售和服务机构，ABB 电动汽车充电业务部会整合分布在全国的强大的合作伙伴网络为客户提供最便捷、优质的服务。

ABB 电动汽车充电业务将携手电动汽车生产商、电网、石化企业、电动交通运营公司、集成商共同为在中国推广电动汽车贡献力量，实现中国交通的智能化和可持续发展！

联系方式：

ABB 电动汽车充电业务：

地址：深圳市光明新区公明办事处宏发高新产业开发园 1 栋 A 座（518107）

电话：0755-2138 6669

联系人：王明耀

联系邮件：flame-mingyao. wang@ cn. abb. com

ABB 低压电器业务：

地址：江苏省南京市洪武北路 55 号置地广场 11 楼 ABB 公司（210005）

联系人：张强

电话：025-84765816

邮件：qiang. zhang@ cn. abb. com

相关解决方案：

FA21　ABB 智能建筑控制系统

FA41　ABB 一体化电动汽车充电解决方案

FA60　低压电网谐波治理解决方案

FA62　低压无功补偿解决方案

FA65　低压全电能管理解决方案

CS02　AEG 配电与控制

AEG 自 1887 年成立于德国柏林，一直以来均是现代电气工程的先行者，每一个产品和服务的创建和发展都遵循“perfekt in form und funktion（神形合一，完美呈现）”原则。

作为可靠的电力保证的提供者，AEG 配电与控制的产品都要经过诸如极限试验（DME）、加速老化试验（ALT）、电磁兼容试验（EMC）、短路分断能力试验、机械寿命试验、电寿命试验、温升试验、严酷的可靠性试验。

AEG 让新能源触手可及，灵活便捷，安全可靠。

联系方式：

地址：上海市奉贤区环城东路 123 弄 1 号（201401）

电话：021-37531363　传真：021-37531420

邮箱：yuhao. yan@ aeg-imc. com　网址：www. aeg-imc. com

联系人：严宇浩

相关解决方案：

FA01　AEG 智能建筑配电系统

FA33　低压元件在光伏发电系统中的应用

CS03　GE 中国研究开发中心

GE 中国研究开发中心（CTC）是 GE 公司五个全球研发中心之一，是跨业务集团、跨研究领域的研发机构，为 GE 各业务集团提供基础科学研究、新产品开发、工程开发和采购服务。中心坐落于上海张江高科技园区，占地面积 47 000m^2，于 2003 年 5 月投入使用；现有研发人员 1 500 多人，60 多个拥有世界一流设备的实验室，是国内最大的独立外资研发机构之一，也是国内极少数具有基础科学研究能力的企业研发中心。

联系方式：

地址：上海市浦东新区蔡伦路 1800 号（201203）

电话：021-38771605　传真：021-50807277

邮箱：Fengcheng. Sun@ ge. com　网址：www. ge. com

联系人：孙丰诚

相关解决方案：

FA38　GE 分布式能源解决方案

CS04　安徽华祝电气技术有限公司

安徽华祝电气技术有限公司以“科技服务社会”为宗旨，本着“洞悉电能质量，助力节能降耗”的理念，致力于电能质量监测、治理等相关领域的技术研究、产品开发和技术服务。

“华祝电气”具有全方位开发、设计、制造及服务能力，借助上海交通大学、华中科技大学等知名高校科研实力，自主研发、设计了中（低）压有源电力滤波器（APF）、中（低）压静止无功发生器（SVG）、晶闸管控制电容器补偿装置（TSC）、中（高）压无源滤波装置（TBB）等系列产品。该系列产品含有十余项专利和多项软件著作权，均通过国家强制认证或行业入网检测。

在中国，持续高速的经济增长成为过去几年中全球经济的最大亮点，但同时也引发了能源供应危机及环境保护的巨大压力，节能增效已经成为社会经济发展的必然要求。“华祝电气”可针对不同负荷特点提供电能质量调节、无功功率补偿、电力谐波治理的综合解决方案。

联系方式：

地址：安徽省合肥市稻香路9号创业大厦8楼（230088）

电话：0551-65305369　传真：0551-65305399

邮箱：markting@ luck-electric. com　网址：www. luck-electric. com

联系人：彭明鸿

相关解决方案：

FA61　智能箱变/公用配变无功补偿和电力滤波综合方案

CS05　北京爱博精电科技有限公司

北京爱博精电科技有限公司是一家成立于1998年的科技创新型企业，拥有16年的专业经验，是国际领先的能源管理和智能测量仪表供应商，在美国洛杉矶、加拿大多伦多和中国北京拥有三大产业基地，并在海外二十多个国家拥有近40家分销机构。公司致力于为客户提供完善的能源管理和智能配电解决方案。在能源短缺的今天，爱博精电正在不断帮助世界各地的客户来发展能源管理技术，为保护地球和人类生存环境做贡献。

爱博精电拥有自主知识产权的智能配电、电力计量、电能质量、设备保护、电气火灾监控和能源管理等产品，广泛应用于市政工程、智能建筑、国防军事、交通运输、石油化工、冶金矿产、通信、数据中心、教育科研和医疗卫生等领域。公司产品通过了美国UL、加拿大cUL、欧盟CE、中国的CMC和CCC等认证，产品技术与质量在全球市场得到广泛的认可。

目前，爱博精电在中国拥有15家办事处及分公司，近200名员工。公司的业绩已遍及全国各地，有着近300个项目的运行和工程经验，例如北京地铁、银峰SOHO、空客A320工厂、首都机场、济南奥体中心、中国石油、中国电信、上海大众、苏州三星电子、上海长兴岛风电场、中南财经政法大学和武汉陆军总酒店等都是我们服务过的客户。

爱博精电始终坚持“至勤至精，至诚至善”的企业理念，以“让能源的使用更加安全和高效，让能源的管理更加方便和智能”为企业使命，为中国用户提供优质的产品和服务，

深得用户信赖。爱博精电以创新的科技、卓越的产品、高品质的服务，愿与您共同推进中国的智能配电、能源管理、节能与减碳、计量管理和工业自动化产业的发展。

联系方式：

地址：北京市海淀区永丰产业基地丰润东路 12 号（100094）

电话：010-5639 0066，5639 0000　传真：010-5639 0068

邮箱：marketing@ accuenergy. com. cn　联系人：杨英刚

相关解决方案：

FA42　大型酒店能效管理方案

CS06　北京和利时自动化驱动技术有限公司

北京和利时自动化驱动技术有限公司始创于 1993 年，是一家自主设计、制造自动化控制系统平台并提供行业解决方案与服务的高科技企业集团，被国家发改委、财政部、海关总署、国家税务总局联合认定为国家级的企业技术中心，是科技部、国资委、全国总工会认定的创新型企业，具有计算机信息系统集成一级资质、北京市高新技术企业、软件企业和纳税信用 A 级企业、铁道部认定的供应商信誉 A 级企业、银行 AAA 级信用等级等多种荣誉认证。

和利时主要包括过程自动化（DCS）、工厂自动化（PLC 及驱动）、煤炭行业自动化、机器控制、核电站仪控、铁路自动化、城市轨道交通自动化、医疗设备及诊疗自动化、电子制造、自动化产业投资管理等多项业务单元。集团以“用自动化改进人们的工作、生活和环境”为企业宗旨，现已形成强大的品牌影响力，并于 2008 年在美国纳斯达克上市，股票代码 HOLI。

联系方式：

地址：北京经济技术开发区地盛中路 2 号院（100176）

电话：010-58981552　传真：010-58981539

邮箱：coal@ hollysys. com　网址：www. hollysys. com

相关解决方案：

FA11　煤矿智能供电监控系统及装置

CS07　北京明日电力电子有限公司

北京明日电力电子有限公司是著名的北京明日电器设备有限责任公司与国内最早从事电气火灾监控系统研究、推广和应用的专家及其团队共同组建的高新技术企业，专业从事电气火灾监控系统、消防应急照明和疏散指示系统、消防巡检及消防泵控制系统等消防电子类产品和新能源产品的研发、制造、应用和推广工作。

公司坚持以科技创新作为企业的第一生产力，在我国电气火灾防控方面，参与了国家标委会 GB14287—20XX 标准的修订工作、国家级“十二五”科技支撑项目《电气火灾预警技术及工程应用》、故障电弧式电气火灾监控探测器标准制定等工作；同时在智能电网、LED 照明、光伏发电等具有节能环保的新能源领域逐渐推出新产品。

北京明日电力电子有限公司领先的技术、可靠的产品为行业所瞩目。公司拥有美国

FLUKE 全套最先进的检测仪器及生产检测设备，建立 ISO9001 质量管理体系，确保产品质量的可靠性。公司积极推行六西格玛管理、网络化管理，不断提高管理水平，所用面向市场的产品均有公安部消防产品合格评定中心（C C C F）颁发的 3C 证书、型式认可证书、强制检测证书。

公司全体员工以“追求卓越、创造明天”的企业精神，坚持走以“新产品求发展、以质量创名牌、以服务开拓市场”的道路，为首都北京、为国家电力事业、消防安全事业做出贡献。

联系方式：

地址：北京市通州区金桥科技产业基地环宇路 11 号（101102）

电话：15801330921

邮箱：zhangtianfuy@163. com　　网址：www. mingripe. com

联系人：张天福

相关解决方案：

FA67　基于分布式消火栓系统的解决方案

CS08　北京木联能软件技术有限公司

北京木联能软件技术有限公司（以下简称“木联能软件”）成立于 2004 年，是北京市中关村科技园区的“高新技术”和“双软认证”企业，是国有企业。总部位于北京，在西安市高新区设有研发中心。公司专注于可再生能源行业，目前共计获得软件著作权 70 多项。木联能软件长期与水电水利规划设计总院、国家可再生能源信息管理中心合作，共同研发了国家可再生能源电价附加信息管理平台、可再生能源信息网、可再生能源信息资源数据库、CFD 风电、CGD 光电等一系列的行业公共服务平台及工程软件。

公司现有员工约 120 人，绝大多数为高等专业技术人才，大学本科学历以上员工占 95%以上，拥有 2300m^2 的办公大楼，工作环境舒适优雅。公司设有综合部、计划经营部、北京研发中心、西安研发中心四大部门，在新疆、青海、宁夏、山西、江苏、内蒙古、陕西、河北等地设立办事处。

公司秉承“与巨人同行”的发展思路，主要合作伙伴有水电水利规划设计总院、国家可再生能源信息管理中心、黄河上游水电开发有限责任公司、水利部、各电力集团等在风电行业、水电水利行业的龙头企业、政府及事业单位。

木联能软件可提供的产品及服务包括：中国可再生能源电价附件管理平台、中国可再生能源信息资源数据库、CGD 光电工程/光伏发电智能一体化解决方案、CFD 风电工程/风力发电智能一体化解决方案。

联系方式：

地址：北京市海淀区西三旗建材城西路 87 号上奥世纪中心 2A-1505 室（100096）

电话：010-82969939　传真：010-82969937

邮箱：mlnspt@163. com　微信公众号：mlnsoft　网址：www. mlnsoft. net

联系人：庄萍萍

相关解决方案：

FA31　光伏电站智能化信息管理系统

CS09　北京欧罗特高科电力设备有限公司

北京欧罗特高科电力设备有限公司成立于 2004 年，是中国领先的电能管理解决方案和智能测量仪表供应商，公司致力于为石化、煤炭、电力、建筑、市政、机场、铁路、医院、学校等领域的客户，提供高质量的电力测量仪表产品和先进的电能管理系统解决方案，同时还提供将传统配电室改造成智能配电室的系统解决方案。

公司主要产品有微机综合继电保护测控装置、智能测量仪表，电动机保护装置、开关柜智能操控装置、人机界面等多类产品。公司产品全部通过了国家有关检测机构的型式试验，全面通过 3C 认证，并为国家重大重点建设项目所选用。

公司拥有一支电力系统行业市场与技术的专业化团队，愿以创新的科技、卓越的产品、高品质的服务，与您共同推进中国的智能配电、能源管理、节能与减碳、计量管理和工业自动化产业的发展!

联系方式：

地址：北京市海淀区远大路 39 号青清商厦 312B 室（100089）

电话：010-88469061/9008/9039 转 212 13683016760　传真：010-88462427

邮箱：dubing126@ 126. com　网址：www. ertgroup. com. cn

联系人：杜冰

相关解决方案：

FA03　无人值守配电室解决方案

CS10　博耳电力控股有限公司

博耳电力控股有限公司诞生于 1985 年，历经 30 年的积累和创新，已经发展成为技术领先的一站式智能配电和能效管理系统解决方案提供商，在无锡、宜兴、上海和西班牙阿斯图里斯等地建有产业基地。

多年来博耳积极与世界领先的电气行业跨国公司合作，并通过对境内外多家电气知名品牌的并购，实现了从公共电网中压侧向下、延伸至客户端的全系列配电及节能增效解决方案。集多年技术积淀和持续不断的核心技术研发优势，依靠独有专利产品和技术，博耳电力在中国智能配电和能源管理系统解决方案上处国内领先地位。

2014 年，博耳电力开始进入智能家居领域，将近 30 年成熟的工业控制技术引入家庭智能化平台，成功打造了智能家居管控平台——家卫士，正在走向千家万户。

联系方式：

地址：江苏省无锡市惠山区洛社镇杨市工业园区洛杨路（214154）

电话：0510-83326502　传真：0510-83305961

邮箱：qingqing. zhang@ wuxi-power. com　网址：www. boerpower. com

联系人：张晴晴

相关解决方案：

FA46　基于连锁经营模式的能源管理系统

FA44　医院电能管理系统方案

FA30　太阳能发电项目电力综合视频监控系统

CS11　德国倍福自动化有限公司

德国倍福自动化有限公司总部位于德国威尔市，在世界各地设有分支机构。加上全球的合作伙伴，目前公司业务已遍及60多个国家。

倍福始终以基于PC的自动化新技术作为公司的发展理念，所生产的工业计算机、现场总线模块、驱动产品和TwinCAT控制软件构成了一套完整的、相互兼容的控制系统，可为各个工控领域提供开放式自动化系统和完整的解决方案。近30年来，倍福公司的组件和系统解决方案在世界各地得到了广泛的应用。

自2001年3月德国倍福公司在我国北京成立代表处以来，公司在中国的业务迅速发展，先后成立了上海代表处和广州代表处，并在宁波、武汉、成都、青岛设立了联络处。2007年8月上海代表处经转制后正式成立倍福中国公司，并将倍福中国区总部迁至上海。随着各种具有良好性价比的新产品、新技术不断进入中国市场，其勇于打破传统控制模式，倾力推广PC控制新技术的理念已被越来越多的中国用户所接受。

联系方式：

地址：上海市闸北区江场三路163号（市北工业园区）5楼（200436）

电话：021-66312666　传真：021-66315696

邮箱：info@beckhoff.com.cn　网址：www.beckhoff.com.cn

联系人：彭捷

相关解决方案：

FA36　用于风力发电的TwinCAT3状态监测系统

CS12　德国赫优讯自动化系统有限公司上海分公司

德国赫优讯（HILSCHER）自动化系统有限公司是一家国际领先的工业通信产品供应商，其客户范围广泛，从自动化设备OEM制造商到最终用户，其中许多客户位居全球工业自动化市场前列。赫优讯公司为各种现场总线和工业以太网技术开发提供解决方案，产品种类丰富，包括各种主流总线系统的计算机板卡、通用网关、嵌入式通信模块以及网络控制芯片等，并提供相应的软件工具等辅助产品。

联系方式：

地址：上海市黄浦区人民路885号淮海中华大厦2208室（200010）

电话：021-63555161 13817260297　传真：021-63555162

邮箱：hyuan@hilscher.com　网址：www.hilscher.com

联系人：袁海峰

相关解决方案：

FA70　基于netPLC模块的防闪络后备电源系统

CS13　德力西电气有限公司

德力西电气有限公司是成立于2007年11月16日的大型中法合资企业，坐落于“中国电器之都”——浙江省乐清市柳市镇，累计投资额近20亿元人民币，占地达240 000m²，

拥有员工 10 000 余人，是中国低压电器行业规模最大的合资企业。

通过近 30 年两代德力西人的不懈奋斗，“德力西”品牌已经成为家喻户晓的中国品牌。合资以来，公司发展迅猛，成为在我国境内拥有 3 个工业生产基地，2 个研发中心，1 个创新中心，13 个销售办事处，13 个物流中心，26 个服务网点，30 000 家销售网点，并拥有超过 50 个海外销售网点的低压电器领军企业。

德力西电气作为一家杰出的针对低压配电以及工业自动化领域全面解决方案供应商，产品广泛应用于电力、能源、建筑、工业、基础设施、冶金、和航天等行业的各项重点工程，以高质量的产品和卓越的服务助力中国经济腾飞。

公司全体员工以创建“幸福企业”为目标，倡导“承诺、合作、敏捷、超越”为核心的价值观，并通过“德力西电气慈善基金”全情回馈社会。

联系方式：

地址：浙江省乐清市柳市镇德力西高科技工业园区（325604）

电话：0577-61778888　传真：0577-61778000

邮箱：xiaochun. hu@ delixi-electric. com　网址：www. delixi-electric. com

联系人：胡晓春

相关解决方案：

FA04　智能低压电器系统方案

CS14　东软集团股份有限公司

东软集团股份有限公司是中国最大的 IT 解决方案与服务供应商，目前拥有员工 20000 余名，在中国建立了 6 个软件研发基地，8 个区域总部，在 40 多个城市建立营销与服务网络；在美国、日本、欧洲、中东设有子公司。

东软以软件技术为核心，提供行业解决方案、产品工程解决方案以及相关产品、平台及服务。行业解决方案涵盖领域包括：电信、能源、金融、政府（社会保障、财政、税务、公共安全、国土资源、海洋、质量监督/检验/检疫、工商、知识产权等）、制造业以及商贸流通业、医疗卫生、教育、交通等行业。产品工程解决方案领域，东软拥有自有品牌的医疗和网络安全产品。同时，也与世界一流的跨国公司开展合作，提供数字家电、移动终端、车载信息产品和 IT 产品等嵌入式软件开发和服务。

联系方式：

地址：辽宁省沈阳市浑南新区新秀街 2 号 东软软件园（110179）

电话：024-83669285　传真：024-83669288

邮箱：xujs@ neusoft. com　网址：www. neusoft. com. cn

联系人：许晋淑

相关解决方案：

FA15　基于分布式架构的电力信息采集系统

CS15　飞思卡尔半导体（中国）有限公司

飞思卡尔半导体有限公司（NYSE：FSL）是嵌入式处理解决方案的全球领导者，提供

业界领先的产品，不断提升汽车、消费电子、工业和网络市场应用水平。飞思卡尔半导体的技术从微处理器和微控制器到传感器、模拟集成电路和连接，为各个应用领域的不断创新的提供基础，也使得我们的世界更环保、更安全、更健康以及连接更紧密。飞思卡尔半导体产品的一些主要应用和终端市场包括汽车安全、混合动力和全电动汽车、下一代无线基础设施、智能能源管理、便携式医疗器械、消费电器以及智能移动器械等。公司总部位于德克萨斯州奥斯汀市，在全世界拥有多家设计、研发、制造和销售机构。

联系方式：

地址：上海市浦东新区亮景路 192 号（201203）

电话：021-28937004

邮箱：Grace. Zhang@ freescale. com　联系人：Grace Zhang

相关解决方案：

FA08　基于 Kinetis 微控制器的三相电能表设计方案

CS16　菲尼克斯（中国）投资有限公司

德国菲尼克斯电气集团成立于 1923 年，是电气连接和电子接口领域、工业自动化领域的世界市场领导者。菲尼克斯电气集团为电力、电子、通信、机械、建筑、石油、化工、航空、交通、铁路运输、汽车制造、工业自动化行业提供一流产品和优质服务。目前在海外 32 个国家设有子公司，56 个国家设有销售处和办事处。菲尼克斯（中国）投资有限公司隶属于德国菲尼克斯电气集团。1953 年起，菲尼克斯电气集团在中国投资超过 7500 万美元，积极组建销售网络、生产基地和研发中心。菲尼克斯（中国）投资有限公司植根中国大地，在全国设有 5 个子公司，努力开拓自己的业务。如今中国公司的业务发展迅速，已经成为整个集团全球业务的重要基石。2004 年集团提出新的战略，中国公司与德国、美国公司一起成为集团的核心竞争力中心，技术支持和管理范围拓展到亚洲太平洋地区。

联系方式：

地址：江苏省南京市江宁开发区菲尼克斯路 36 号（211100）

电话：025-52121888　传真：025-52121555

邮箱：phoenix@ phoenixcontact. com. cn　网址：www. phoenixcontact. com. cn

联系人：杜品圣

相关解决方案：

FA28　菲尼克斯电气在光伏发电领域的解决方案

CS17　杭州高特电子设备有限公司

杭州高特电子设备有限公司成立于 1998 年，专业致力于电池检测设备和管理系统产品的研发和制造。公司依据 ISO9001 标准的要求，建立了一套完整的质量管理体系，于 2003 年通过 ISO9001 质量管理体系认证审核。

公司始终致力于阀控式铅酸蓄电池（VRLA）、动力锂电池的应用特性、容量分析以及相应设备系统的研究，为电力、通信、电动汽车、储能电站等行业用户提供了众多先进、可靠、系统的解决方案与产品服务，是该领域唯一拥有电池失效分析诊断模型核心专利技术的

高新技术企业。目前已拥有国内外专利19项，其中国内外发明专利9项，实用新型专利9项，外观专利1项。所有产品核心技术均为自主研发，技术水平居国际领先地位。目前，公司共有“智能蓄电池组监测系统（DJX）、电动汽车电池组管理总成（EVBMA）、动力电池组工况模拟测试系统（EVBTS）、储能电站电池管理系统（ESBMS）、智能蓄电池组负载测试仪（FZY）、无线蓄电池测试系统（WDCX）、充电机特性测试系统（CTX）、智能单电池仪（DWY）、蓄电池内阻测试仪（NZY）、直流断路器特性测试仪（DTY）”等产品应用在国内外电力、通信、汽车制造等企业，拥有众多成功的应用案例，为用户提供了完整的电池管理系统解决方案。

联系方式：

地址：浙江省杭州市西湖区益乐路223号银江科技产业园B座6楼

电话：0571-88883356 88920700　传真：0571-88911186

邮箱：网址：www. china-gold. com

联系人：刘爱华

相关解决方案：

FA23　电池储能系统

CS18　杭州鸿雁电力电气有限公司

杭州鸿雁电力电气有限公司属于中国普天集团旗下的杭州鸿雁电器有限公司，公司主要产品为高低压成套设备及配件、高低压电器及元件、为客户提供详细系统的配电解决方案。自1999年以来公司共获得30余项国家发明及实用新型专利，获得2013年度中国电工技术委员会“十大电气创新产品奖”，电气行业“十大知名电气品牌”“杭州市高新技术企业”“浙江省专利示范企业”等政府及行业荣誉。

联系方式：

地址：浙江省杭州临安市青山湖街道南环路99号（311305）

电话：0571-87938932　传真：0571-88733982

邮箱：moutao@ hongyar. com. cn

联系人：牟涛

相关解决方案：

FA05　智能低压配电管理监控系统

CS19　杭州鸿雁智能科技有限公司

杭州鸿雁智能科技有限公司成立于1996年，是中国普天信息产业集团旗下杭州鸿雁电器有限公司直属企业，浙江省首批认定的高新技术企业。公司以基于信息技术的创新能力为核心竞争力，通过技术创新、管理创新及商业模式创新，致力于建筑智能化系统产品的研发与制造，成为建筑智能化系统产品及解决方案的集成供应商。通过全面的信息化管理，依托鸿雁强大的营销网络，为客户提供安全、创新、高性价比的建筑智能化系统的产品与服务。

联系方式：

地址：浙江省杭州市余杭区五常大道138号（310023）

电话：0571-85026540

邮箱：zhr0571@ foxmail. com　网址：www. hongyan. com. cn

联系人：副总经理 张焕荣

相关解决方案：

FA20　鸿雁思远智能家居系统及解决方案

CS20　合肥海润电力科技有限公司

海润光伏倡导并致力于发展绿色清洁可再生能源，提供全球性太阳能光伏垂直一体化的生产和服务，是中国最大的晶硅太阳电池、组件生产企业之一。公司专业从事硅棒、硅片、电池片、组件的高端研发、生产和销售及太阳能电站的投资及运营。

海润光伏科技股份有限公司（上证所代码：600401）目前旗下有多家控股及参股公司，在江苏、安徽拥有五大生产基地，分别为江阴海润太阳能电力有限公司、奥特斯维能源（太仓）有限公司、合肥海润光伏科技有限公司、江阴鑫辉太阳能有限公司和太仓海润太阳能有限公司，在美国、德国、瑞士、意大利、日本、澳大利亚均设立了公司，并独资或参股投资设立了多家国内外光伏电站项目公司，网络遍布全球。

海润的使命：以全球领先的生产设备为基础，以知名技术专家组成的科研团队为依托，海润光伏专心致力于光伏产业发展，力求为客户提供高品质的光伏产品和服务，创造与常规能源有可比成本的绿色无污染太阳能电力，为人类开创一种惬意的自然生活。

联系方式：

地址：上海市长宁区协和路 1158 号（鑫达商务楼）2 号楼 7 层（200335）

电话：18915787930

邮箱：zhongja@ hareon. net　网址：www. hareonsolar. com

联系人：钟建安

相关解决方案：

FA35　基于组串逆变器的智能大型光伏电站解决方案

CS21　河南森源电气股份有限公司

河南森源电气股份有限公司创建于 1992 年，是国家原机械部、电力部定点生产高低压配电成套设备、隔离开关及元器件产品的厂家，是全国高压开关行业协会理事会员单位、中国输变电行业协会会员单位和国家重点高新技术企业，曾多次承担国家火炬计划、河南省高新技术产业化重点项目、河南省重大科技攻关项目、杰出人才创新资金项目，1998 年通过 ISO9001 国际质量体系认证，2003 年入选河南省首批制造业信息化重点示范企业。2012 年公司被列为中国电气工业百强排行榜第 10 位，中国电子信息百强排行榜第 31 位。2014 年 1 月，福布斯发布“中国最具潜力中小企业榜单”，森源电气荣膺福布斯排行榜第 21 位。

公司主要生产中低压开关成套设备、断路器元件及其配件、中压户内隔离开关和 SAPF 有源滤波装置等电力电子与智能电器设备。2000 年以来曾先后承担国家重大电力装备自主化专项、国家火炬计划项目、河南省高新技术产业化重点项目、河南省重大科技攻关项目、杰出人才创新资金项目等十多个重点项目。目前公司共获得 130 多项专利技术。

公司2003年被国家科技部评为“火炬计划优秀高新技术企业”，2006年被省政府评为“河南省民营科技企业五十强”、“河南省高成长型民营企业”，2007年入选河南省首批创新型试点企业，2008年获得河南省工业行业突出贡献奖、全国制造业信息化应用领先奖。

森源电气（发行代码002358）2010年2月10日上午在深圳证券交易所举行新股挂牌上市仪式，正式宣布上市交易。

联系方式：

地址：河南省郑州市经技术开发区第三大街北段河南森源电气

电话：18537173583

邮箱：shiqiandong@163.com　联系人：史谦东

相关解决方案：

FA64　有源电力滤波器在城市轨道交通中的应用

CS22　江苏方程电力科技有限公司

江苏方程电力科技有限公司坐落在中国最佳经济魅力城市——江苏江阴市。企业创建于1992年，是国家级高新技术企业，专业从事电力系统优化控制、电力环保、电力节能、电力品质改善和新能源电气控制等领域的研发与生产。

以科技创新实现产业转型，走产学研合作道路，是方程科技不断提升企业竞争力的法宝。公司依托与高校合作共建的李立涅院士企业工作站、省工程技术中心等研发平台，不断进行科技创新，现正针对我国智能电网建设的关键技术和装备进行攻关研发，产品系列及应用范围不断拓展。

近年来，公司共承担了国家、省级各类科技项目9项，拥有发明专利3项，省高新技术产品3项，获江苏省信息产业厅登记的软件产品4项。方程科技自主研发的基于先进电力电子控制技术系列节能产品QFC-I智能型无功补偿装置（SVC、SVG）、QFC-Ⅱ电能调节节电装置（APF）、QFC-Ⅲ电机调速节电装置，在降低电力传输损耗、电力品质的改善、大电动机的调速节能等方面提供了技术含量更高、控制性能更优的手段，其技术指标和低碳标准已达到国内领先、国际先进水平。其中，QFC-Ⅱ电能调节节电装置节电效果明显，被列为江苏省重大科技成果转化项目；QFC-Ⅲ电动机调速节电装置的技术创新点已经使方程科技成为国家相关标准起草单位；公司还获得了财政部产业技术成果转化资金补助项目、科技部中小企业创新基金资助，方程科技正通过不断的技术创新，勇创电力节能领域的标准。

联系方式：

地址：江苏省江阴市绮山路157号邮编（214432）

电话：0510-86275888　传真：0510-86281179

网址：www.formula-js.com

联系人：包虎平

相关解决方案：

FA58　动态混合无功补偿系统解决方案

CS23　江苏苏源高科技有限公司

江苏苏源高科技有限公司是一家专业从事大型应用软件开发、系统集成、楼宇智能化及机房建设、计算机硬件产品销售、电力新产品研发及生产的知名高新技术企业。公司成立于2000 年 11 月，拥有一支年轻充满活力、积极进取创新的专业团队，现有员工 300 多人，其中 80% 以上拥有本科及以上学历。公司以优化结构为基础、技术创新为动力，快速成长、稳健发展。

苏源高科坚持“以振兴民族信息产业为己任，为客户精心构筑信息化应用平台”的崇高信念，秉承“勤勉、创新、完美、卓越”的企业宗旨，始终致力于为客户提供最新最好的产品和最优质最周到的服务，积极推动中国信息产业（特别是电力等专业领域的信息化）的发展。

联系方式：

地址：江苏省南京市中山路 348 号中信大厦 21 层（210008）

电话：025-84228888　传真：025-83192990

网址：www. suypower. com

相关解决方案：

FA16　基于物联网的用电信息采集与控制解决方案

CS24　康宁（上海）光纤有限公司

康宁（上海）光纤有限公司是康宁旗下专业从事通信及传输设备开发、制造和销售的分支机构，是全球语音、数据和视频网络应用的光纤和铜缆通信系统解决方案的领先提供商，是全球最大的光纤生产商。1970 年康宁发明了第一根可商用的低损耗光纤，这一突破性的创新永远地改变了世界。今天康宁仍然保持着行业的全球市场领导地位，可以提供从单模到多模的全系列光纤产品，满足各种网络应用。康宁的光纤产品以优异的质量和创新性获得广泛认可。

联系方式：

地址：上海市徐汇区钦江路 200 号（200233）

电话：021-64852520　传真：021-64950808

邮箱：chenh1@ corning. com　网址：www. corning. com

联系人：陈皓

相关解决方案：

FA56　智能电网超低损耗光纤通信方案

CS25　美国国家仪器有限公司

自 1976 年以来，美国国家仪器有限公司，简称 NI（www. ni. com）一直致力于提供各种工具来帮助工程师和科学家提高效率、加速创新和探索。NI 的图形化系统设计方法为工程界提供了集成的软硬件平台，有助于加速测量和控制系统的开发。长期以来，NI 一直期望并努力通过自身的技术来改善社会的发展，确保客户、员工、供应商及股东获得成功。

在进行测试、控制和嵌入式设计应用的过程中，全球工程师和科学家设计、原型、发布系统的方式因 NI 而改变。NI 开放的图形化编程软件和模块化硬件，每年帮助 25 000 多家公司的客户简化开发、提高效率，并极大地缩短了上市时间。无论是测试新一代游戏系统，还是突破性地创建医疗设备，NI 用户不断开发着造福大众的创新性技术。

联系方式：

地址：上海市浦东新区张江集电港二期张东路 1387 号第 45 幢（NI 上海）（201203）

电话：021-50509800　传真：021-65556244

邮箱：peng. cui@ ni. com；china. info@ ni. com　网址：china. ni. com

联系人：崔鹏

相关解决方案：

FA09　基于 NI CompactRIO 的电力设备在线状态监测与故障诊断方案

CS26　南京软核科技有限公司

南京软核科技有限公司坐落于南京软件谷。公司以节能增效为使命，致力于为电力及工矿企业提供安全实用的节能增效产品和服务，在智能配电网、新能源及微网应用、三维可视化应用等领域具有深厚的技术积累及丰富的应用经验。

公司在 2009 年与“985”高校东南大学联合成立了智能配电网研究所，实现了产学研的完美结合。先后承担了包括国家“863”计划项目、国家青年基金项目和江苏省科技支撑项目等在内的多个纵向理论研究课题，并有多项研究成果获得国家专利。公司还与河海大学、南京理工大学、南京工程学院等国内知名高校进行了紧密合作。

公司建立了完整的市场销售、产品研发、质量管理、售后服务等团队，将高校深厚的理论研究基础、对前沿领域敏锐的洞察力与探索研究能力和公司的先进的产品研发能力、完善的项目管理经验相结合，为客户提供从技术咨询、解决方案设计到项目实施、人员培训、售后服务等全方位、高质量的服务。

公司将以先进的节能增效理念和产品，为建设“资源节约型，环境友好型”的 社会作出应有贡献。

联系方式：

地址：江苏省南京市雨花台区软件大道 106 号 科技创业中心 A 幢 3 层（210000）

电话：025- 87707317　传真：025-82211521

邮箱：qi_ guangping@ chinasoftcore. com　网址：www. chinasoftcore. com

联系人：戚光平、王朝明

相关解决方案：

FA66　优质电力园区高可靠性、高电能质量电力供应解决方案

CS27　南京亚派科技实业有限公司

南京亚派科技实业有限公司是一家专注于电力节能环保、新能源电源产品研发、生产制造、销售服务的高新技术企业。主要产品范围涵盖有源/无源滤波器、静止无功发生器、电网无功补偿设备、用户能效管理及低压元器件等，并提供项目咨询、系统设计和技术支持等

服务。

在自主创新、持续发展的道路上，亚派科技拥有热忱的一线员工、强大的研发团队，始终以客户的真实需求为市场战略导向、以提供持续推进的高端产品和高水平技术支持为客户服务宗旨，不断推动国内行业领域步向更高层次。

企业产业化发展离不开各地高校的人才培育工程，依托东南大学、上海交通大学、南京航空航天大学、河海大学、浙江大学、华中科技大学、华北电力大学等高校，亚派科技充分整合了国内优质的电力技术资源，成立了江苏省企业技术中心、江苏省电能质量工程技术研究中心，同时将成立博士后工作站，确保公司产品和技术始终保持先进性和科学性。目前公司拥有多项国家专利技术和多项软件著作权。

公司已通过 ISO9001、ISO14001 及 OHSAS18001 等国际认证，产品技术完全符合国际标准，是国家认可的“中国著名品牌”、“中国质量诚信企业”、“5A 品牌企业”和“中国科技创新重点保护品牌”。

亚派科技遍及全国的销售和服务网络为客户提供着便捷的技术支持和商务支持，目前已辐射中国近 30 个大中型城市。未来，亚派将继续开拓创新，迎合国家能源发展的各项需求，提高核心竞争力；“安全智控、极致能效”的企业理念将不断引领亚派科技成为值得客户信赖的专业领域战略伙伴。

联系方式：

地址：江苏省南京市浦口区高新技术开发区新科四路 4-8 号（210032）

电话：025-58748591 58747986 400-0818-200　传真：025-58742165

邮箱：info@ apex-power. net　联系人：史琪

相关解决方案：

FA54　用户端通信有源电力滤波器系统

CS28　上海大华电器设备有限公司

上海大华电器设备有限公司是我国专业的输变电成套设备制造企业，主要生产各种高低压成套开关设备，箱式变电站、高低压电缆分支箱、低压无功动态补偿装置、母线槽、桥架、智能控制器和智能电表等 30 多个系列的产品。产品注册商标“上华”牌。

大华电器位于上海市嘉定区翔江路，南与 G312 国道、北与 G204 国道相连接，紧靠沪宁、嘉金高速公路，位于虹桥枢纽辐射区，交通极为方便。公司注册资金 5000 万元，占地面积 55000 多平方米，建筑面积 30000 多平方米。

大华电器环境优雅舒适。宽敞的绿化广场，园林化的布局，一年四季百花齐放、绿树常青；现代化的综合办公大楼，其办公区域、业务接待区域、餐厅和室内网球场等功能设施配置齐全；实时信息化的计算机网络实现了无纸化办公和 ERP 生产管理控制。大华电器的生产设备先进、技术领先、是一个现代化管理的大中型企业，拥有高精度钣金加工中心、母线加工中心、机器人焊接中心，建立了三维仿真设计、技术中心和产品试验中心，综合实力位居全国同行业前列。

联系方式：

地址：上海市嘉定区翔江路 2000 号

电话：021-69132799　传真：021-69132653

邮箱：13795307690@126.com　网址：www.shdahuadianqi.com

联系人：魏高聪

相关解决方案：

FA59　0.4kV 配电动态无功补偿解决方案

CS29　上海电气集团股份有限公司

上海电气输配电集团是上海电气旗下的重要产业板块，专业从事输配电产品生产、经营、科研输配电设备制造和工程总承包业务。

目前，集团产品已覆盖 1000kV 及以下输配电产品的各个领域，形成了变压器、电抗器、互感器、GIS、电力控制与自动化、风力发电电控产品及电能质量控制设备、储能、微电网能量管理系统等智能电网与新能源接入领域的产品系列。

上海电气输配电集团的技术中心被认定为国家企业技术中心，成立于 2004 年，致力于新能源及智能电网领域的产品研制。集团坚持技术引领、创新驱动的理念，不断促进风电、太阳能等新能源及特高压技术的产业化推进。凭借其在风电领域丰富的产品线和国家级技术中心研发平台，目前集团已形成了国内首屈一指的风电电控系统一体化解决方案。

“十二五”期间，集团将继续专注于输配电、智能电网、新能源领域的开拓与协同发展，继续为国内外用户提供绿色、智能、高效的技术、产品和服务，装备中国、装备世界。

联系方式：

地址：上海市长宁区愚园路 1395 号（200050）

电话：021-52370999　传真：021-52371801

邮箱：　　网址：www.shanghai-electric.com

相关解决方案：

FA52　微网控制保护与能量管理系统

CS30　上海电器科学研究所（集团）有限公司

上海电器科学研究所（集团）有限公司（简称“上海电科集团”），隶属于上海市经济信息化委员会。公司主营业务和产品涉及智能电网用户端产品（系统）、中小电机及系统节能、智能电器及配电系统、船用电机电器的技术研发、产品设计和检测服务，以及智能交通及机电工程。从 2006 年起，上海电科集团先后获得首批国家创新型企业，国家认定企业技术中心、国家火炬计划重点高新技术企业、全国企事业知识产权试点单位、全国首批“守合同、重信用”单位等国家和上海市荣誉。

上海电科集团集研发、标准、示范应用、公共服务和产业化生产为一体。主动服务国家和地方战略，积极扩大重点领域示范与应用，近期又率先在国内开展了智能电网用户端的研究，并先后获得国家智能电网用户端产品（系统）质量监督检验中心、国家能源智能电网用户端电气设备研发（实验）中心等国家创新平台，为产业快速发展，创造良好依托条件。

上海电科网控事业部是集团内专业从事网络化集成控制、智能家居、智能电网用户端、物联网技术研究、产品开发、产业化生产、系统集成和工程实施的事业部，自主研发的系列化产品在智能楼宇、别墅住宅、申通地铁、浦东和虹桥机场都有应用。

联系方式：

地址：上海市普陀区武宁路 505 号（200063）

电话：021-62574990　传真：021-62167669

邮箱：tangxd@ seari. com. cn　网址：www. seari. com. cn　　www. seari-snc. com. cn

相关解决方案：

FA19　电力线载波智能照明系统

FA37　风光柴储微电网解决方案

CS31　上海航天电源技术有限责任公司

上海航天电源技术有限责任公司隶属于上海航天科技研究院，是专业从事锂离子电池及系统产品开发、生产和销售的高新技术企业，也是中国航天科技集团公司大力发展航天锂离子电池技术应用产业的支撑平台。公司现注册资金 3.4 亿元，已经发展成为上海市大力发展锂离子电池高新技术产业化的龙头企业。

依托上海空间电源研究所（即航天 811 所）大容量、高安全、长寿命锂离子电池及高可靠电源系统管理、集成核心技术，上海航天电源公司掌握锂离子电池核心技术及系统集成核心技术，产品包括电池芯、电池管理系统（BMS）、电池模块、电池组系统集成及基于磷酸铁锂电池的 UPS 供电系统，建立了电池及系统仿真分析平台和检测试验平台，致力于为储能装置、轨道交通、通信网络等领域提供安全可靠、性能卓越、品质优异的电源系统解决方案、产品和优质服务。

联系方式：

地址：上海市松江区九泾路 1000 号（201620）

电话：021-67756490 转 8203　传真：021-67756491

邮箱：wjq@ sapt. cc　网址：www. sapt. cc

联系人：卫剑頎

相关解决方案：

FA22　基于磷酸铁锂储能的轨道交通 UPS 成套解决方案

CS32　上海航天能源股份有限公司

上海航天能源股份有限公司是专业从事气态能源营运技术和设备的研制、开发、生产、销售、服务的跨行业、多元化集团性企业，自 1996 年起至今被连续认定为上海市高新技术企业。公司设立的研究开发机构：上海市天然气供应保障与高效利用工程技术中心，是上海市为数不多的工程技术中心、市级企业技术中心之一。同时，公司还是“中国航天科技集团第八研究院能源应用与管理研发中心”，是中国城市燃气协会分布式能源专委会常务副主任单位。拥有国家认证 CNAS 实验室，是中国城市燃气管理与应用新技术示范与培训基地。

上海航天能源股份有限公司于 2004 年开始从事分布式能源项目的研发、设计和项目实施。通过与国际知名企业合作（Capstone 微型燃气轮机、MWM 内燃机），使气态能源的应用更加节能和环保。经过数年不懈努力，取得了斐然的成绩，公司在上海、北京、天津、江苏、安徽、湖南、四川、广东等地实施了 29 套分布式能源系统（截止 2014 年 4 月），居国

内第一，是天然气分布式能源行业领军企业。

联系方式：

地址：上海市浦东新区龙东大道4493（201201）

电话：021-58589020　传真：021-58583778

邮箱：email@ sae. sh. cn　联系人：李巡案

相关解决方案：

FA27　清洁、高效、环保的分布式能源站解决方案

CS33　上海金陵智能电表有限公司

上海金陵智能电表有限公司是由创建于1952年的上海电度表厂有限公司（和成牌）和创建于1957年的上海工业电度表厂有限公司（国盾牌）两大骨干企业强强联手于2001年2月6日组建而成，是上市公司上海华鑫股份有限公司（股票代码600621）的全资子公司，2007年6月与香港北天星国际有限公司合资组建为沪港合资企业。半个多世纪的电能表研发、制造经验使我公司成为行业中最为专业的企业之一。

公司坐落于上海风景如画的松江工业园区，毗邻上海松江大学城，拥有建筑面积为24000m^2的现代化厂房。注册资金为人民币4 000万元，资产规模为13 000万元。公司拥有570多名训练有素、经验丰富、爱岗敬业的高素质员工，其中研发设计人员占10%以上。

公司具备设计生产各类机械式单三相电能表、电子式单三相电能表以及适应于电能采集管理系统的各类AMI终端产品的能力，共计三大类三百多种型号规格，产品覆盖低压（220/380V）、高压（57. 7/100V、100V）等电压等级，配备有国际国内领先的专业检测设备和专业的检测人员，通过ERP系统对生产全过程进行控制，使每台出厂的电能表产品能满足国内外客户的需求。

公司建立有强大的市场营销网络、办事机构和技术支撑、应用服务队伍，产品行销全国各省、市、自治区，并销往我国香港和台湾地区，以及东南亚和欧美地区。公司本着“需求无限、创新未来”的经营理念，旨在打造中国最优秀的电能表生产制造企业。

联系方式：

地址：上海市松江区文俊路182号（201616）

电话：021-57763623 18016463275　传真：021-57763559

邮箱：dowellslq@ 163. com　网址：www. cn-meter. com

联系人：沈利群　技术经理

相关解决方案：

FA07　公租房租赁小区集中抄表管理系统

CS34　上海良信电器股份有限公司

上海良信电器股份有限公司创建于1999年，是由一批多年从事技术开发、技术管理的电器专业人员联合组建的民营股份制企业。公司坐落于上海浦东新区，年发展速度快，被誉为行业内值得关注的黑马。

公司根据对国内外低压电器质量状况和市场状况的分析，从自身具备的相对优势出发，

以尖端的技术、先进的管理、一流的设备，为用户提供安全可靠、环保节能的低压电器元器件。自2001年公司建立质量管理体系并通过CQC审核、取得ISO9001证书起，2007年公司建立了环境管理体系、有害物质过程管理体系并通过国际知名认证机构BSI审核，取得了ISO14001证书、QCO80000证书、ISO9001证书；2010年顺利通过国际知名认证机构BSI三年复评再认证审核换发了新版证书。

目前，公司产品在电力、通信、建筑、冶金、石化等行业中到广泛应用，成为华为技术、唐山松下、三菱电梯、西安高压、中兴通讯、万科地产、绿地集团等众多中国知名企业的合作伙伴，同时也被美国GE、艾默生网络能源等诸多国际百强企业认可，成为其全球供应商。

2010年良信电器以“指定配电元器件赞助商”的身份参与2010年上海世博会（中国）民企联合馆技术赞助。

联系方式：

地址：上海市浦东新区衡安路668号（313000）

电话：021-68586699　传真：021-23025796

邮箱：iangaixian@ sh-liangxin. com　网址：www. sh-liangxin. com

联系人：蒋爱贤

相关解决方案：

FA02　智能配电与能源管理系统

CS35　上海冉能自动化科技有限公司

上海冉能自动化科技有限公司位于上海市嘉定区复华高科技园区，是一家集研发、生产和销售于一体的高科技股份制企业。作为电气自动化测控设备制造商，冉能致力于智能电网电力监控、电能计量管理、能源管理、节能设备、电气保护设备的研发和推广，为用户提供高品质的产品和系统解决方案，已广泛应用于电力、机械、煤炭、冶金、化工等多个领域和众多国家重点建设项目以及部分国外项目。公司拥有多个自主品牌和注册商标，拥有多项专利，是行业标准的制定者和引领者之一。

联系方式：

地址：上海市嘉定区复华路33号A栋3层

电话：021-59562592-802　传真：021-59562593

邮箱：york. zuo@ rynon. com. cn　网址：www. rynon. com. cn

联系人：左彦波

相关解决方案：

FA12　Rynon P100系列消防设备电源监控系统

CS36　上海申瑞继保电气有限公司

上海申瑞继保电气有限公司位于上海市徐汇区漕河泾国家级高新技术开发区，是专业从事电力系统自动化产品研发、生产、销售和服务的高新技术企业。公司拥有继电保护及变电站综合自动化、铁路电气自动化、电力设备状态在线监测、调度及配网自动化、建筑

能耗监测及节能评估、光伏及风电场综合信息管理、电力质量优化等产品，并具备完全知识产权。

公司依靠雄厚的技术力量，借助优越的发展环境，适应市场需求，正逐步实现公司发展的战略规划。目前，公司产品已广泛应用于全国二十多个省、市、自治区的各级电力调度中心、发电厂、变电站以及冶金、石化、铁路、轨道交通、楼宇建筑等领域，部分产品已出口到土耳其、印尼、伊拉克、越南、蒙古等国家。

公司始终以客户利益为第一着眼点，为客户提供一流的产品和服务。公司严格 ISO9001 质量体系的要求，建立了强有力的质量保护体系和管理模式。公司具有创新、奉献精神的工程技术人员是广大客户值得信赖的产品提供者、技术支持者和服务保障者。

申瑞公司研发的能源管理系统是针对能源及基础设施、工业、数据中心及网络、楼宇和住宅市场用能管理提供的整体解决方案，它已广泛应用于建筑能耗监测及节能评估方案中。基于物联网基础的能源管理系统，可以帮助客户提高生产效率、节能增效，同时降低对环境的不良影响。

联系方式：

地址：上海市徐汇区漕河泾开发区桂平路 470 号 12 号楼 5 楼（200233）

电话：021-60293099　传真：021-37633200

邮箱：sunrise@ sunrise-power. com　网址：www. sunrise-relay. com

联系人：王曼

相关解决方案：

FA14　基于物联网技术的无线建筑能耗监测系统

CS37　上海通信技术中心

上海通信技术中心（简称 SCom）由上海光通信公司、香港上实控股有限公司、上海安联投资发展公司、上海工业投资（集团）有限公司和上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司于 1998 年 7 月共同投资成立，注册 900 万美金，位于上海漕河泾高新技术开发区。

上海通信技术中心本着“技术为先、质量为本、用户为上”的企业宗旨，一直致力于数字图象产品的研究和开发，是一个具有自主知识产权和专利技术的高新技术企业，于 2002 年底获得“上海市企业技术中心”称号，并连续五年获得“上海市高新技术企业”称号。2004 年通过国际“ ISO9001”质量认证。

公司以发展民族产业为己任，产品远销国际市场，出口到美国、德国、澳大利亚、新西兰等国家和中国台湾地区，获得海外客户的一致好评。

联系方式：

地址：上海市徐汇区漕河泾开发区桂箐路 15 号（200233）

电话：021-64851867　传真：021-64957191

邮箱：info@ scomcenter. com　联系人：倪鸿俊

相关解决方案：

FA13　智能电网视频监控系统

CS38　上海臻和防雷电气技术有限责任公司

上海臻和防雷电气技术有限责任公司为上海电器科学研究所（集团）有限公司下属子公司，是集防雷产品技术开发、生产制造及营销为一体的专业技术型公司。公司秉承了上海电器科学研究所（集团）有限公司严谨、扎实、细致的技术精神，坚持以人为本、合作创新的企业文化理念，尊重客户、创造社会价值，引导员工与企业共同发展，追求事业的创新与进步。公司独立开发出 10 多项高新技术，获得 20 多项国家专利，现已发展成为国内雷电防护技术领域实力较强的高新技术企业之一。公司自 2009 年以来一直被冠为“上海市高新技术企业”，2012 年荣获“上海市普陀区科技小巨人企业”称号。

公司通过 ISO9001 质量管理体系认证，拥有先进的生产和实验设备，研发出全系列的电涌保护器、光伏专用防雷智能汇流箱及防雷环境预警监控系统等产品，其中多个项目被列为国家重点新产品、上海市自主创新产品、上海市高新技术成果转化项目等。公司所有产品均由中国人民保险公司承保，产品通过 UL 认证、TUV 认证、CE 认证、CQC 认证、RoHS 指令，同时取得国家气象局防雷产品型式试验报告及工信部的入网许可。公司产品经“中国科学院—上海科技查新咨询中心”检索，技术水平达到国际先进、国内领先，得到了国内外客户及设计单位的一致肯定。

联系方式：

地址：上海市奉贤区工业综合开发区环城北路 358 号上电科工业园区 6 号楼 3 楼（201401）

电话：021-57437199 021-57431760　传真：021-57437123

邮箱：gehe@ seari. com. cn　网址：www. gehe. seari. com. cn

相关解决方案：

FA29　光伏陈列工作电流监测应用方案

FA68　系统接地保护智能在线监测解决方案

CS39　上海中达能源科技有限公司

上海中达能源科技有限公司是中达电通股份有限公司 2012 年 9 月于上海成立的全资子公司，与母公司中达电通股份有限公司一样隶属于全球电子业巨头台达集团。公司已于 2013 年 5 月通过国家发改委及财政部的备案审批，成为第五批国家级备案的节能服务公司。

上海中达能源科技有限公司立足于台达集团现有的节能技术平台，加大研发投入，以更加专业的能力为企业提供能效诊断、能源审计、方案设计、工程实施、节能验证、技术培训及售后维保等节能服务，以此与用能单位建立长期的能效管理合作同盟，降低用能单位能源费用的支出，使用能单位不断提高能效管理水平，以达成环保、节能、爱地球的企业使命。

联系方式：

地址：上海市浦东新区民夏路 238 号（201209）

电话：021-58635678 转 8700 15921056135　传真：021-58638033

邮箱：wang. xu@ delta. com. cn　网址：www. deltagreentech. com. cn

联系人：王旭

相关解决方案：

FA18　LED 照明直流供电一体化解决方案

CS40　上海追日电气有限公司

追日电气（集团）成立于1997 年，现有员工1000 余人。主要成员单位包括湖北追日电气股份有限公司、上海追日电气有限公司、追日澳大利亚分公司。

追日电气长期致力于电能使用效率的提高和坚强智能电网的建设，主要产品涵盖四大领域：光伏电站系统总承包、有源无源电力滤波及其他电能质量优化系列、电动机软起动控制及变配电电气成套系列、电动汽车充放电及 BMS 电池管理系统。

公司经过全体员工的不懈努力，已经成为中国在这些领域实力最为雄厚的设备供应商，并出口到世界上几十个国家和地区。

联系方式：

地址：上海市普陀区武威路88 弄，9 号楼，21 号楼9F

电话：021-36395883　传真：021-62608783

邮箱：info@ ssechina. cn　网址：www. ssechina. cn

联系人：刘青松

相关解决方案：

FA57　无功补偿和谐波抑制的综合解决方案

CS41　深圳浩宁达仪表股份有限公司

深圳浩宁达仪表股份有限公司于1994 年11 月成立，注册资金8000 万，总资产达十亿元，是电工仪器仪表、微电子及元器件领域集科研、开发、生产、销售和服务于一体的高科技效益型中外合资企业，专业研发及生产高品质智能化电能计量仪表产品和集中抄表系统以及电能计量自动化管理系统。

公司致力于全系列电子式电能表、用电管理终端、配备监测终端、预购电控制装置、配变监测系统、配网自动化系统、电能计量集抄系统、预付费网络管理系统和有线、无线电能计量自动化系统等系列产品的研发、生产及销售。国内首家推出的具有自主知识产权的基于GSM 通信网的SMS 抄表系统和基于 GPRS/CDMA 通信网络的集多功能电能表、负控、集抄为一体的电力自动化智能终端产品，创中国企业新纪录，拥有多项国家发明专利。公司将秉承“诚信为本，科技先导，务实创新，追求卓越”的经营方针，始终与国内外电测仪表高新技术同步发展，超前满足客户需求，努力将公司发展成为国际电测仪器仪表行业一流的企业。

子公司银骏科技有限公司在新产品、新技术方面的创新精神已获客户充分肯定，产品的行业应用范围在不断地拓展，公司业务范围涵盖电力系统配网自动化、配网监测、大中用户用电管理及变电所远程抄表系统、石油自动化及其 SCADA 系统、环境参数远程监测系统、车载计算机极其导航系统、能源监控系统、AMI/AMR 系统、专业的应用软件开发系统。

联系方式：

地址：广东省深圳市南山区侨香路东方科技园华科大厦六楼（518053）

电话：0755-26755088　传真：0755-26755088

邮箱：hnd@ vip. 163. com　网址：www. szhnd. com

相关解决方案：

FA69　无线远程费控方案

CS42　深圳市禾望电气有限公司

深圳市禾望电气有限公司成立于2007 年4 月，致力于大功率兆瓦级风电变流器、光伏逆变器、储能双向逆变器及相关产品的研发、生产和销售，已成为国内技术和业绩领先的风电变流器、光伏逆变器专业制造商。产品系列覆盖850kW ~6. 0MW 风电变流器、50kW ~1. 0MW 光伏逆变器及1. 0 ~2. 5MW 光伏并网逆变房等主流机型。

联系方式：

地址：广东省深圳市南山区西丽官龙第二工业区6 栋5 楼（518055）

电话：0755-86596701　传真：0755-86114545

邮箱：wangyao@ hopewind. net　网址：www. hopewind. com

联系人：王瑶（市场部）

相关解决方案：

FA25　分布式电网中变流器谐振谐波抑制方案

CS43　深圳市中电电力技术股份有限公司

深圳市中电电力技术股份有限公司（以下简称中电技术公司）成立于1993 年。20 年来，中电技术公司始终围绕建筑、工业和电力领域的客户对安全、可靠、高效智能用电管理的需求，以成长为智能电网智能用电方向的世界级企业为愿景，坚持自主创新，研制了丰富齐全的中高压继电保护测控装置、高中低端智能电能表、电力监控装置、低压电动机保护控制器、电气火灾监控产品、电能质量监控装置、主站软件和系统解决方案，广泛应用于各行各业，帮助客户实现用电的智能化管理和能源的智能化管理，是中国领先的系统解决方案供应商。

中电技术公司不断扩大国际市场，已经在亚洲、欧洲、大洋洲等地发展了多家代理商，并以高质量的装置产品和功能全面、运行安全可靠的软件，赢得了客户的信赖。

中电技术公司已经稳步发展成为由1 200 余名员工组成的员工持股的国家级高新技术企业、深圳重点软件企业，组建成由深圳总部、深圳盐田生产基地、武汉研发中心、5 大分公司、30 多个销售办事处、10 多个区域性用户服务及技术支持中心组成的全国性营销服务管理体系。在智能装置研发、主站软件研发、系统集成、生产制造、用户现场服务、市场营销等方面，已经构建了领先的整体竞争优势。

中电技术公司服务领域：建筑智能用电管理、建筑电气火灾监控、建筑能效管理、工业智能用电管理、工业变电站（发电厂）自动化、工业低压电动机智能化保护监控、工业企业能源管理、电能质量监测与管理、电压质量监测与管理、高端关口计量、发电厂厂用电气监控管理。

联系方式：

地址：广东省深圳市福田区车公庙泰然工贸园 201 栋 8 楼西（518040）

电话：0755-83423089　传真：0755-83410306

邮箱：hanhaifeng@ ceiec-electric. com　联系人：韩海凤

相关解决方案：

FA63　高采样率数字化变电站电能质量监测系统

FA10　扬水泵站综合自动化系统

CS44　深圳微网能源管理系统实验室有限公司

深圳微网能源管理系统实验室有限公司 2011 年在深圳注册成立，注册资金 5000 万元，是深圳市新能源发展规划立项建设和重点支持的工程实验室。国内第一个自主完成的含直流和交流微网系统结构组成的风光储混合微网系统，由多种分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控系统、保护装置汇集而成的小型发配电系统。

实验室能够实现自我控制、保护和管理自治，可实现与大电网并网与独立运行模式灵活切换，同时具备通信设施和数据中心直流微网系统和城市应急能源系统。

实验室依托深厚的国际资源背景、世界领先的产品理念、国际接轨的管理方式，凭借在电力行业多年的经验积累，全方位开展清洁能源、可再生能源等新能源、分布式能源与传统能源相结合的技术研究和综合利用。实验室致力于帮助客户安全、节约、舒适地使用能源，成为智慧能源的追求者和倡导者，为中国电力企业国际化发展做出积极的贡献。

联系方式：

地址：广东省深圳市南山区南山大道南油第四工业区智能电网大厦 2 栋 808 室（518000）

电话：0755-86329098 13316525500　传真：0755-86329186

邮箱：jsaon. qin@ microgridlab. cn　网址：http：//www. microgridlab. cn

联系人：秦毅

相关解决方案：

FA50　基于数据中心的通信设施直流微网系统

CS45　深圳中电长城能源有限公司

深圳中电长城能源有限公司（以下简称长城能源），是中国长城计算机深圳股份有限公司的全资子公司，为中国电子信息产业集团有限公司（CEC）新能源产业的骨干企业。公司专业从事新能源产品自主研发、生产销售、技术咨询、工程总包、工程设计、安装及技术服务，在中国深圳建有现代化的产业基地。目前已形成年产逆变器 1. 5GW 的生产能力，在海内外设立有多个研发中心和市场销售中心。

作为世界 500 强之一中国电子信息产业集团旗下的太阳能产业骨干企业，长城能源从起步之初就以国际化的眼光，放眼全球市场，建设集研发、生产、销售、服务于一体的国际化企业。经过五年的发展积累，客户已遍布亚、非、欧、北美、南美等五大洲的多个国家和地区。

长城能源与赛康科技（Satcon）自2009年开始合作，所产30～1000kW逆变器全部应用于交直流配电柜，具有环境适应性强、全功率转换效率高、可靠性好等特点。产品广泛应用于欧美、亚太等国家或地区的各类光伏电站。

2013年，长城吸纳了Satcon的优质资产，在自身原有雄厚积累的基础上，通过国际化的市场培育和拓展，全球装机量一举突破了3GW。这一数值对于中国逆变器生产厂商来说是一次历史性的超越，也代表着我国逆变器生产厂商全球竞争力的提升。

长城能源拥有Satcon的商标、技术专利、专有技术、软件、全球认证资质、生产研发设备、产品、物料等优质资产，包括有形资产、无形资产。与此同时，原Satcon部分技术骨干和销售精英也加盟长城。未来，在太阳能领域，长城能源将采取“长城”、“Satcon”双品牌并行的发展战略，为全球长城Satcon新老客户提供优质的服务。确保长城在全球竞争市场中走的更快、更远、更稳。

随着国内光伏市场的迅猛发展，长城能源将会为光伏电站建设、离网光伏系统等项目提供更加完善的解决方案。

联系方式：

地址：广东省深圳市南山科技园长城电脑2号楼409室（518057）

电话：0755-33388008　传真：0755-89595683

邮箱：xinzhong. yin@ cecgreatwall. com　网址：www. cecgreatwall. com

相关解决方案：

FA51　风光智能发电离并网系统

CS46　思科系统（中国）网络技术有限公司

思科（NASDAQ：CSCO）是全球领先的致力于改进人们联络、沟通和协作方式的网络解决方案提供商。今天，网络作为一个平台成为了商业、教育、政府和家庭通信不可或缺的一部分，思科的互联网技术正是这些网络的基础。

2013年3月，思科在全球发布万物互联（Internet of Everything）白皮书。思科认为，万物互联聚合人员、流程、数据及事物，使网络连接比以往更具有相关性、更有价值，将信息转化为行动，创造新的能力、更丰富的体验，给企业、个人、国家和地区带来前所未有的经济机遇。思科预计，未来十年的全球万物互联潜在价值将达到14. 4万亿美元。同时，思科以中国为研究对象，发布了首个国家万物互联白皮书。根据思科的模型研究，未来十年万物互联给中国带来的潜在价值将达到1. 8万亿美元，占14. 4万亿美元这一全球总额的12%。

2013月4月四川雅安地震发生后，思科宣布向中国扶贫基金会捐款100万元人民币用于受灾地区的紧急抗震救灾工作，同时与当地政府部门和客户携手为赈灾工作提供支持。由思科捐赠的两辆移动医疗车曾在汶川震后重建中发挥重要作用；雅安震后，医疗车第一时间被四川省卫生厅调用，成为当地医疗救护团队移动医院的重要组成部分。

2013年5月，思科技术服务（大连）有限公司建成启用，主要面向整个亚太地区客户提供高级网络技术支持服务，并将为全球客户提供专业化的服务支持。

2014年3月，思科中国总部落户杭州。

联系方式：

地址：北京市朝阳区建外大街2号银泰写字楼C座11层（100022）

电话：010-85155477

邮箱：sozou@ cisco. com　网址：www. cisco. com

联系人：邹松鹤

相关解决方案：

FA55　基于物联网技术的用电采集通信解决方案

CS47　微宏动力系统（湖州）有限公司

微宏动力系统（湖州）有限公司成立于2006年12月，注册资金4 100万美元。公司坐落在浙江省湖州市，是一家有着深厚研发背景的技术型企业。公司从事新能源及储电技术产品的研发、生产以及销售，致力于为不同应用领域提供清洁能源解决方案。

微宏凭借多年锂离子电池核心材料的研发积累，成功地开发了独特的快充长寿命钛酸锂LpTO电池，其循环寿命超过20 000次，并可在10min以内完成快速充电。这一先进的动力电池系统自2011年3月起在重庆公交实现了快速充电公交客车车队的商业化运营，成功实现了在全世界电动交通领域最大规模的商业化应用。这一产品在电网储能、轨道交通、工业设备等多个领域具备非常大的应用前景。

联系方式：

地址：浙江省湖州市红丰路2198号微宏动力系统（313000）

电话：0572-2678727　传真：0572-2756889

邮箱：zhaob@ microvast. com. cn　网址：http：//www. microvast. com/

联系人：赵彪

相关解决方案：

FA24　电网调频用LpTO电池储能系统

CS48　西门子（中国）有限公司

西门子股份公司是全球电子电气工程领域的领先企业，西门子工业业务领域是世界领先的创新先驱，引领全球工业的发展趋势。凭借创新及环保的齐全产品组合和解决方案、行业市场专业技术及强大的客户服务能力，为客户公共设置及基础建设应用提供完备的高可用性解决方案。西门子罗杰康工业以太网产品专为严苛工业环境的高性能网络和通信设备而设计，整个产品范围涵盖高可靠性的多业务平台、以太网交换机、路由器、串口服务器、介质转换器以及工业无线（包括WiMax）产品，提供从产品设计，到生产规划、生产工程、生产执行和服务的全生命周期的产品及服务支持。

联系方式：

地址：上海市杨浦区大连路500号西门子大厦（200082）

电话：021-64327889　传真：021-64327997

邮箱：jiahuazhou@ ruggedcom. com　网址：www. ruggedcom. com

联系人：周佳华

相关解决方案：

FA53　集成4G工业无线技术的高可用性配网通信整体解决方案

CS49 西门子（中国）有限公司 低压产品事业部

西门子公司是全球电子电气工程领域的领先企业，主要业务集中在工业、能源、医疗、基础设施与城市四大业务领域。140 年来，西门子以其创新的技术、卓越的解决方案和产品坚持不懈地与中国开展全面合作，并以不断地创新、出众的品质和令人信赖的可靠性得到广泛认可。在 2011 财年（2010 年 10 月 1 日到 2011 年 9 月 30 日），西门子在中国的总营收达到 63.9 亿欧元（不包括欧司朗和西门子 IT 解决方案和服务集团）。今天，西门子在中国拥有约 30000 名员工，建立了 16 个研发中心、65 家运营企业和 65 个地区办事处，已经发展成为中国经济不可分割的一部分，并竭诚与中国携手合作，共同致力于实现可持续发展。

西门子基础设施与城市业务领域利用其全球专业经验，为中国城市及其基础设施建设提供可持续发展的领先技术。其产品涵盖了全面交通解决方案、楼宇和安全技术、配电、智能电网应用和中低压产品等多个方面。目前，该领域在中国的业务集团包括轨道交通、交通与物流、中低压、智能电网和楼宇科技。西门子基础设施与城市业务领域在中国拥有 5 200 名员工、6 个研发中心和 11 家运营企业。

联系方式：

地址：上海市杨浦区大连路 500 号西门子上海中心（200082）
电话：400-810-4288（技术支持）　传真：021-57214156
邮箱：4008104288.cn@siemens.com.cn　网址：www.4008104288.com.cn

相关解决方案：

FA06　适用于轨道交通能源管理的西门子 PAC 系列电能表及系统

CS50 厦门亿力吉奥信息科技有限公司

厦门亿力吉奥信息科技公司最早是福建电力和武汉大学联合组建的高新技术企业，正式成立于 2002 年。公司提供基于 GIS 的电力行业整体解决方案，专注于软件开发、系统集成、数据服务三大核心业务。

主要产品有，电力 GIS 基础软件平台、电网 GIS 地理信息服务平台、电网生产管理系统、电网营销 GIS 应用、配网调控与供电服务应用系统、设备在线监测管理平台、电网规划辅助决策支持系统、雷电信息综合分析系统、电网综合防灾减灾系统、电网气象预警信息系统、电网应急管理系统、智能移动作业平台、电网通信资源管理系统、电动汽车运营管理系统。

亿力吉奥专注于电力 GIS 应用领域，立足于“GIS 相关软件、GIS 及物联网相关设备、GIS 专业数据”的业务架构，为电力行业提供基于 GIS 的空间信息可视化整体解决方案和增值服务，成为国家电网公司电网 GIS 平台的技术中心、管理中心和服务中心。公司服务于全国电力 GIS 市场的客户，努力打造中国电力 GIS 应用第一品牌，并成长为电力行业 GIS 建设的主力军和领军企业。

联系方式：

地址：福建省厦门市思明区软件园观日路 36 号之二（361009）
电话：0592-2362006 13599506043　传真：0592-2362008
邮箱：roseyang1112@163.com　网址：www.epgis.com

联系人：杨苑

相关解决方案：

FA39　电动汽车智能充换电服务运营管理系统

CS51　英飞凌科技（中国）有限公司

总部位于德国纽必堡的英飞凌科技股份公司，为现代社会的三大科技挑战领域——高能效、移动性和安全性提供半导体和系统解决方案。2012 财年实现销售额 39 亿欧元，在全球拥有约 26 700 名雇员。公司业务遍及全球，在美国苗必达、亚太地区的新加坡和日本东京等地拥有分支机构。公司目前在法兰克福股票交易所（股票代码：IFX）和美国柜台交易市场（OTCQX）International Premier（股票代号：IFNNY）挂牌上市。

英飞凌科技（中国）有限公司的前身西门子半导体部于 1995 年正式进入中国市场。自 1996 年在无锡建立第一家企业以来，英飞凌的业务取得非常迅速的增长，在中国拥有约 1 700名员工，已经成为英飞凌亚太乃至全球业务发展的重要推动力。

自英飞凌进入中国以来，不断顺应客户与市场的需求，研发及生产一系列能够应用于本地市场的产品。目前，英飞凌先进的半导体解决方案已广泛应用于各个领域，同时凭借雄厚的技术实力和全球领先的经验，与包括中兴、华为、握奇等国内领先厂商展开深入合作，为中国电子行业的腾飞做出应有的贡献。

英飞凌在中国建立了涵盖研发、生产、销售市场、技术支持等在内的完整的产业链。在研发方面，英飞凌在上海、北京建立了应用研发中心，利用国内的人才资源，参与全球的重点项目研究；在无锡的后道生产工厂，为中国及全球其他市场生产先进的芯片产品；在北京新成立的子公司，主要从事 IGBT 组件的生产；并以北京、上海、深圳和香港为中心在国内建立了全面的销售网络。同时，在销售、技术研发、人才培养等方面与国内领先的企业、高等院校开展了深入的合作。

英飞凌秉承扎根中国的承诺，致力于和政府及科研机构携手开发行业标准，支持中国集成电路产业增强竞争力。英飞凌与国内领先高校合作建立实验室，进行汽车电子、智能卡等方面的研发合作，现在进行的项目有上海同济大学汽车电子实验室、天津大学内燃机实验室等。英飞凌每年拨出专款，在复旦大学、西安电子科技大学、同济大学等众多领先高校设立奖学金，培养优秀的技术和管理人才，并为其提供施展才华的广阔空间。

中国在英飞凌的全球战略中具有举足轻重的地位，英飞凌在过去的发展历程中，见证了中国改革开放取得的巨大成就。放眼未来，英飞凌愿与中国在核心层面进行密切合作，与快速成长的中国集成电路产业共同发展，与中国共创辉煌!

联系方式：

地址：上海市浦东新区松涛路 647 弄 7-8 号

电话：021-61019315　传真：021-61649802

邮箱：sara. xu@ infineon. com　联系人：徐燕敏

相关解决方案：

FA17　基于 ICL8002G 的 LED 晶闸管调光电源方案

CS52　昱能光伏科技集成有限公司

昱能科技有限公司于 2009 年 9 月在美国硅谷创立，于 2010 年 3 月在中国嘉兴成立合资公司，专注于微型逆变器系统的研发及产业化，是一家微型逆变器产品及系统解决方案的专业提供商。

昱能不断探索发展壮大，在短短的 5 年内先后建立了中国·上海分公司——主导公司市场、销售、技术支持及国内工程承接与实施；澳大利亚·悉尼分公司——主要负责澳洲地区市场、销售、仓储管理及技术服务；中国·北京办事处——主要负责中国北方地区市场及销售拓展；美国·华盛顿州分公司——主要负责北美地区产品生产、销售、市场拓展及技术服务，形成了全球化销售服务网络；荷兰·阿姆斯特丹分公司——主要负责荷比卢及整个欧洲地区销售、仓储、技术支持。

昱能努力追求科技创新及产品开发，目前已获得国内外专利近 30 项，软件著作权 3 项，注册商标 2 个，先后研发出三代微型逆变器产品已全面获得 CQC/CGC/SAA/ETL/VDE/CE 等国内及国际认证，并成功进入美国加州能源局 CEC 列名。

联系方式：

地址：上海市浦东新区张杨路 188 号汤臣中心 B403 室（313000）

电话：021-33928205　传真：021-33928752

邮箱：ke. xu@ altenergy-power. com　网址：www. altenergy-power. com

联系人：徐苛

相关解决方案：

FA32　微型逆变器在智能电网中的应用

CS53　浙江正泰仪器仪表有限责任公司

浙江正泰仪器仪表有限责任公司系正泰集团的核心产业之一。公司创建于 1998 年，是一家科研、生产、销售于一体的国家级高新技术企业和国内领先的能源测控设备、系统和解决方案专业供应商。公司注册资金 1. 05 亿元，2012 年产值逾 11 亿元，现有职工人数 2 100 余人。

公司的主要产品有各类智能电能表、自动抄表系统、负荷控制系统、配变检测系统、用电信息采集系统、先进量测管理系统（AMM）、先进量测基础设施（AMI）、燃气表远传系统、能源管理系统、路灯管理系统等能源计量管理系统。自主研发的基于 ECHELON 载波技术的自动抄表系统和带谐波测量功能的多功能电能表技术处于国内领先地位，获中国机械工业科技进步奖；自主研发的 CCWZ127-5 低压电力线载波自动抄表系统被国家列入国家火炬计划，自组网技术获得国家发明专利。

公司同时承担了多项国家标准的主笔起草和主要参与起草工作。截止 2012 年 9 月，拥有国家专利 22 项，并参加了 56 项国际、国家及行业标准的制修订。

公司发展至今，已成为国内仪器仪表行业领先企业、国家高新技术企业和国家火炬计划重点高新技术企业，先后获得浙江省创新型示范和试点企业、浙江省标准创新型企业、浙江省管理体系认证示范企业、中国质量信用 AAA 企业、全国质量管理先进企业、全国守合同重信用企业等荣誉称号。发展无止境，创新无止境。未来，公司将继续以“争创世界名牌，

实现产业报国”为使命，以“诚信守法、注重绩效、不断变革”为价值观，努力实践正泰集团“科技化、产业化、国际化”战略和“为顾客创造价值，为员工谋求发展，为社会承担责任”的经营理念，致力于打造能源测控设备、系统与解决方案一流的供应商。

联系方式：

地址：浙江省杭州市滨江区月明路560号正泰量测工业园（310052）

电话：18966161060　传真：0571-56977888

邮箱：ybfhb@chint.cn　联系人：付海兵

相关解决方案：

FA45　高校能耗监管信息化系统

CS54　中创立方能源技术（北京）有限公司

中创立方能源技术（北京）有限公司是一家领先的建筑集成及可持续解决方案提供商，一直致力于提供高质量、高可靠性、有效性和增值性建筑集成能源一体化解决方案。中创立方以国际化的视角、先进的科技理念、丰富的项目经验、卓越的服务体系，立足于建筑智能化和能源产品与服务市场。在建筑的全生命周期内，从集成能源规划、系统设计、项目服务、运维管理诸方面为客户提供最佳的集成与能源管理整体解决方案。

联系方式：

地址：北京市朝阳区安慧里三区6号楼辰润大厦210室（100101）

电话：010-64979247　传真：010-64975042

邮箱：cxm@energicube.com　网址：//www.i3bms.com

联系人：常晓敏

相关解决方案：

FA47　电力需求侧管理系统

CS55　中达电通股份有限公司

1992年中达电通股份有限公司成立于上海，自营业以来，保持着年均增长32.9%的高速发展，为工业级用户提供高效可靠的动力、视讯、自动化及能源管理解决方案。在通信电源的市场占有率位居前列、同时也是视讯显示及工业自动化方案的领导厂商。

中达电通整合母公司台达集团优异的电力电子及控制技术，持续引进国内外性能领先的产品，在深入了解中国客户营运环境下，依据各行各业工艺需求，提出完整解决方案，为客户创建竞争优势。秉持“环保 节能 爱地球”的经营使命，成为中国移动的绿色行动战略伙伴，在节能减排、楼宇节能的技术上，陆续开展多项新应用。

为满足客户对不间断运营的需求，中达电通在全国设立了48个分支机构、73个技术服务网点与12个维修网点。依靠训练有素的技术服务团队，中达为客户提供个性化、全方位的售前、售中服务和最可靠的售后保障。

20年深耕，在1 500多名员工的努力下，中达电通2013年的营业额超过32亿人民币。未来，中达更将不断推陈出新，藉由与客户的紧密合作，共同开创更智能、更环保的未来。

中达电通——可靠的工业伙伴！

联系方式：

地址：上海市浦东新区民夏路 238 号（201209）

电话：021-58635678 转 8700 15921056135　传真：021-58638033

邮箱：wang. xu@ delta. com. cn　网址：www. deltagreentech. com. cn

联系人：王旭

相关解决方案：

FA40　智能电动车充电解决方案

CS56　中科恒源科技股份有限公司

中科恒源科技股份有限公司是专业从事清洁能源领域开发、生产与应用的高新技术企业，是风能与太阳能中小型综合应用系统整体解决方案提供商和核心零部件供应商。目前已在湖南益阳、怀化及内蒙古包头建立了一个生产基地、一个售后服务中心和一个备用生产基地。

中科恒源拥有一支专家团队，创造了多项专利及专有技术，公司自主创新的风光互补发电技术、智能控制技术、远程监控管理技术居于行业先进地位。同时，中科恒源与国内多家著名高校及科研机构建立了广泛的合作关系，并成立了国内首家“离网型风力与风光互补发电工程技术研究中心”。中科恒源的创新技术在国际上获得了广泛的认可和赞誉，曾获得由联合国工业发展组织主持评选的“全球可再生能源领域最具投资价值的十大领先技术蓝天奖”，“第 35 届日内瓦国际发明展特别金奖”等多项大奖，并入选“世界十大绿色发明”，获 2012“第三届中国企业环保清馨奖”，入选中国最具成长力创新型企业，成为新能源业界中颇具影响力的代表性企业。

联系方式：

地址：北京市海淀区正福寺 10 号曙光防灾公园内
　　　湖南省长沙市芙蓉中路一段 524 号金帆大厦 13 楼

电话：010-88862866 0731-84887488

邮箱：huangaj@ zkenergy. com　网址：www. zkenergy. com

联系人：黄爱军

相关解决方案：

FA34　通信基站直流嵌入式光伏供电系统

FA26　分布式能源的云智能管理解决方案

FA49　分布式能源的离网与并网系统

CS57　珠海大唐电子有限公司

珠海大唐电子有限公司坐落于珠海经济特区南屏科技园，成立于 2007 年，是一家专业从事电力监控仪表及系统的研发、生产、集成和销售高新技术产业公司，以提供优秀的服务同客户一起成长来塑造监控仪表专家的形象。

公司以人为本，形成了以行业资深专家、留学博士及国内行业精英的研发团队，工程技术人员占员工总数的 65% 以上。公司不馈余力地进行人力资源的利用和开发，强调内部管

理，致力于创新，以满足市场的不断变化的需求。

公司以产品质量为第一需要，强调在产品的设计、原料采购、协作生产、销售和服务的各个环节必须符合 ISO9001：2008 质量管理体系和欧共体 CE 认证的要求。

公司主要产品包括：电力监控仪表、电动机保护器、漏电火灾保护系统、配电监控软件。产品已广泛应用于电力、煤炭、机械、冶金、石油、化工、建筑、市政、水利、国防等各领域。

珠海大唐电子有限公司以面向全球配电领域提供专业的高品质产品为目标，参与国际化的配电厂家共享信息、技术与服务，研发定制客户所需的智能中低压配电产品。

联系方式：

地址：广东省珠海市香洲区 南屏科技园屏东一路 8 号（519000）

电话：0756-3898727 24 小时免费服务热线：4008756008　传真：0756-3878696

邮箱：sales@ zhdtm. cn　网址：www. zhdtm. cn

联系人：詹青青

相关解决方案：

FA43　数字化营房智能管理系统

CS58　珠海派诺科技股份有限公司

珠海派诺科技股份有限公司成立于 2000 年，注册资金 6000 万。公司针对建筑楼宇中电力系统特性，提供建筑内用电整体解决方案，并一直致力于提升建筑用电管理的发展。公司被认定为国家火炬计划重点高新技术企业、2013 年度华夏建设科学技术奖、发改委节能服务公司备案（第五批）、广东省节能技术服务单位（乙级）备案、广东省省级工程技术研究开发中心、广东省省级企业技术中心、广东省软件和信息服务重点企业、广东省软件和集成电路设计产业百强培育企业、珠海市重点企业技术中心、珠海市工程技术研究开发中心、双软企业。公司积极与清华大学、天津大学、华南理工大学、暨南大学、中国建筑设计研究院、上海电力科学研究院、西南交通大学等科研院所进行项目合作，保证在技术领域一直处于前沿。

公司多个项目获得国家奖励：江西省建筑设计研究总院能效管理系统项目（国家住房和城乡建设部 2011 年科技示范工程项目）、上海现代集团申都大厦（住房城乡建设领域信息化优秀工程）。

联系方式：

地址：北京市海淀区西三环北路 11 号海通时代商务中心 A2 座（100142）

电话：010-58847991　传真：010-58847989

邮箱：hustlisa@ yeah. net　网址：www. pmac. com. cn

联系人：牛丽仙

相关解决方案：

FA48　智能建筑用户端需求响应控制系统

创新 成就未来

风电和太阳能
光伏发电

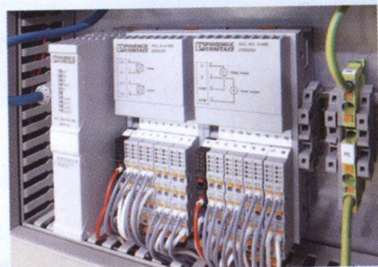
能源效率

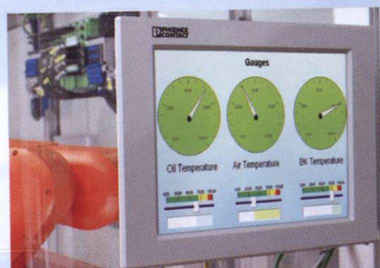
水处理

交通基础设施

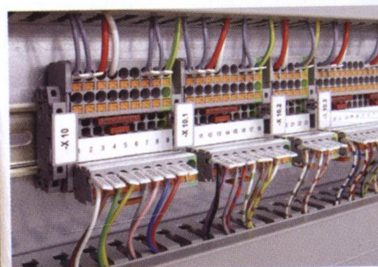
电动汽车

智能电网









引领联接和自动化技术趋势.....

带着预见性和创新热情，我们面
来世界开发电子产品和解决方案

欲知更多详情，敬请访问：
phoenixcontact.com.cn

菲尼克斯电气

Tel:025-52121888

www.phoenixcontact.com.cn

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

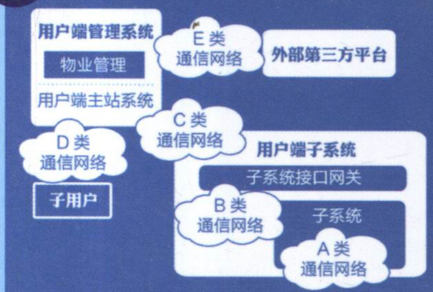
© PHOENIX CONTACT 2011



智能电网用户端能源管理行业组织

由标委会、分会、专委会“三位一体”共同推进的智能电网用户端能源管理技术近年来发展迅速：面向各种需求的系统架构、相关的标准体系已经成形；智能电网用户端通信系统一般要求和系统数据接口一般要求两项标准即将报批；“智能电网用户端技术论坛”群英荟萃，研讨内容不断深化；《智能电网用户端系统解决方案汇编》中的方案日臻成熟。

1 系统模型 >>



2 标准体系

1 用户端通信系统 一般要求
2 用户端系统数据接口一般要求
3 用户端子系统接口网关
· 第1部分：一般要求
· 第2部分：楼宇自动化系统接口网关
· 第3部分：工厂自动化系统接口网关
· 第4部分：电力配电系统接口网关
· 第5部分：光伏发电系统接口网关
· 第6部分：风力发电系统接口网关
· 第7部分：电动汽车充电系统接口网关
4 用户端能源管理系统
· 第1部分：技术导则
· 第2部分：主站系统技术规范
· 第3部分：门户系统技术规范
· 第4部分：工程建设检验验收技术规范
· 第5部分：系统运行管理技术规范
· 第6部分：主站系统与子系统信息交互
· 第7部分：主站系统与外部平台信息交互
· 第8部分：能效管理与能效评估导则
· 第9部分：信息安全

4 方案汇编

《智能电网用户端系统解决方案汇编》汇聚智能电网用户端最新系统解决方案，由机械工业出版社出版，新华书店发行，每两年重新更新一版。

2012版收录85个方案，内容涉及：

智能配电系统	电动汽车充电系统
智能表计系统	电力综合监控系统
设备监控系统	能源管理系统
智能照明系统	能效管理系统
智能家居系统	微电网系统
储能系统	通信系统
分布式可再生能源系统	其它



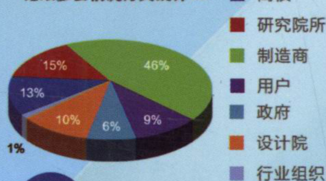
3 技术论坛 >>

“中国智能电网用户端技术论坛”以智能用电和节能减排为目标，汇聚政府部门、供电公司、研究设计院所、设备供应商、系统集成商、电力用户，构筑产、学、研、用、官、商的沟通交流平台，将政策引导、需求分析、技术引领同实际产品、解决方案、应用案例对接，促进不同厂商设备的互通互联以及技术的相互借鉴、激发、融合、渗透、集成，加速技术推陈出新，推动优秀产品和解决方案的推广应用。





· 论坛参会情况分类统计 >>



5 行业组织 >>

- 全国电器设备网络通信接口标准化技术委员会
- 中国电器工业协会设备网现场总线分会
- 中国电工技术学会自动化及计算机应用专业委员会

6 秘书处挂靠 >>

上海电器科学研究院网络化集控研发中心

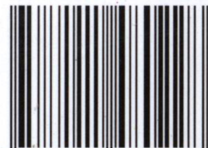
地址：上海市武宁路505号　邮编：200013　电话：021-62574990转628

邮箱：yonghuduan@seari.com.cn　网址：www.yonghuduan.org

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-48022-8
策划编辑◎付承桂 / 封面设计◎路恩中

ISBN 978-7-111-48022-8



定价：69.00元